

THESIS

MUNICH

1967

**Subglottische Druckmessungen bei
Patienten mit malignen Larynxtumoren
während der Phonation**

Herbert Nold

LANE MEDICAL LIBRARY OF
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR
PALO ALTO, CALIFORNIA



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Hals-Nasen-Ohrenklinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. A. Herrmann

SUBGLOTTISCHE DRUCKMESSUNGEN
BEI PATIENTEN MIT MALIGNEN LARYNXTUMOREN
WÄHREND DER PHONATION

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Herbert Nold

aus

Wangen/Allgäu

München 1967

Referent: Priv.Doiz, Dr. E. Loebell
Correferent: Prof. Dr. A. Herrmann
Dekan: Prof. Dr. M. Kiese

Tag der mündlichen Prüfung 4.4.1967

IN DANKBARKEIT MEINEN ELTERN GEWIDMET

GLIEDERUNG

	Seite
I ENLEITUNG	1
II NORMALE STIMMGEBUG	2
1) <u>Atmung und Stimmbildung</u>	2
a) Atmungsorgane	2
b) Kehlkopfssystem	2
c) Ansatzrohr	3
2) <u>Schwingungen der Stimmlippen</u>	3
a) Einstellung der Stimmlippen zur Phonation	3
b) Der subglottische Druck	3
c) Theorien der Stimmgebung	4
Myoelastische Theorie nach Ferrein	
Neurochronaxische Theorie nach Husson	
3) <u>Stimmeinsätze</u>	5
a) Harter, weicher, gehauchter Einsatz	5
b) Flüstern	5
c) Tonschwellen	6
d) Brust- und Falsettstimme	6
III GESTÖRTE STIMMLIPPENSCHWINGUNGEN	6
1) <u>Einteilung der malignen Tumoren nach Lokalisation</u>	6
a) Tumoren der mittleren Region - glottisch - Stimmband	7
b) Tumoren der oberen Region - supraglottisch	7
2) <u>Resultierende Stimmstörungen</u>	8
a) Dämpfung der Schwingungen	8
b) Fixation der Stimmlippen	8
IV BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN UND BESTIMMUNG DES	
SUBGLOTTISCHEN DRUCKES	9
1) Untersuchungen an Tracheotomierten	10
2) Intratracheale Messungen	10
3) Vergleiche mit intraoesophagialen Druck	11

V	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	13
	1) Beschreibung der Apparaturen	13
	2) Methodik und Programm	18
	3) Auswahl der Versuchspersonen	20
	4) Ergebnisse (Tabellen)	21
	5) Diskussion	27
VI	VERGLEICH	30
VII	ZUSAMMENFASSUNG	31
VIII	LITERATURVERZEICHNIS	32
IX	ANHANG : KURVENAUSSCHNITTE	37-83

I. EINLEITUNG

Mit der subglottischen Druckbestimmung haben sich vor allem in jüngster Zeit VAN DEN BERG, STRENGER und L. H. KUNZE befaßt. Sie unterteilen in direkte und indirekte Messungen. Bei der indirekten Methode wird der Druck mittels eines Katheters im Oesophagus bestimmt. Direkt erfolgt die Messung in der Trachea, anfangs an tracheotomierten Patienten, später mit einer Kanüle, die man von außen in die Luftröhre einführt.

Bei vorliegender Arbeit soll der Druck mit einer Kanüle direkt unter den Stimmlippen bestimmt werden. Es erscheint interessant, vergleichend, physiologische Versuchspersonen und Fälle mit gestörter Stimmlippenschwingung zu untersuchen. So werden an Patienten mit malignen, inneren Larynxtumoren, welche die Stimmlippenbewegung zunehmend einschränken, subglottische Druckmessungen durchgeführt. Dabei kommt es vor allem auf die qualitative Druckkurve an, deren Bild in einzelnen typischen Fällen diskutiert werden soll.

II. NORMALE STIMMGEBUNG

1. Atmung und Stimmbildung

a) Atmungsorgane

Die primäre Aufgabe der Atmungsorgane ist die Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft und die Abgabe von Kohlendioxyd. Erst sekundär ist eine weitere Leistung, nämlich die Mithilfe bei der Lautbildung. Die Lungen, die gleichsam als Blasebalg zur Erzeugung des Luftstroms dienen, welcher die Stimmbänder in Schwingungen versetzt, werden von der Atemmuskulatur in Bewegung gehalten. Wir unterscheiden dabei Muskeln, welche die Inspiration und solche, die die Expiration bewirken. Die normale ruhige Inspiration wird durch die Mm. intercostales und das Zwerchfell getätigt. Die Ausatmung erfolgt durch die elastischen Kräfte der Lungen und des Brustkorbes, bei forcierter Ausatmung mit Unterstützung der Bauchmuskulatur.

Der Ausatmungsdruck bei normalem Sprechen resultiert aus der Aktion verschiedener Muskeln. Nach einer tiefen Einatmung bleiben die externen Intercostalmuskeln in Aktion und regulieren den Druck des Luftstroms, indem sie das Einsinken des Brustkorbes hemmen, während das Luftvolumen in den Lungen abnimmt. Ist das Luftvolumen ein wenig geringer als nach einer normalen Inspiration, so wird Ausatemungsaktivität benötigt, um den Druck unter den Stimmlippen aufrecht zu erhalten und dementsprechend kommen die internen Intercostalmuskeln mit allmählich steigender Aktivität in Aktion. Ergänzend wirken M. obliquus externus, Rectus abdominus und M. latissimus dorsi (31).

b) Das Kehlkopfssystem

Der wesentlichste Bestandteil des Stimmapparates ist der Kehlkopf mit seinen Stimmlippen. Das eigentliche Skelett des Kehlkopfes besteht aus dem Ringknorpel, dem Schildknorpel und den beiden paarigen Stellknorpeln; diese sind gelenkig verbunden und werden durch Bänder zusammengehalten. Durch die Kehlkopfmuskulatur wird die zur Phonation nötige Stellung der einzelnen Knorpelteile bewerkstelligt. Die Stimmlippen, die sich vom Schildknorpel zum Processus vocalis der Stellknorpel spannen, bilden das Abschlußorgan. Man nennt sie Glottis. Die Glottisöffnung, also der Abstand der beiden Stimmlippen voneinander, wird über die Stellknorpel eingestellt.

(Mm. cricoarytaenoides dorsalis et lateralis = Posticus — und M. arytaenoideus — Transversus —). Die Länge und damit die äußere Spannung der Stimmlippen kann durch den sogenannten Spannapparat, der durch die Muskel der Ring-Schild-Stilknorpel-Verbindung gebildet wird, verändert werden (M. cricothyreoideus). Nach GRÜTZNER und GOERTTLER vermag auch der M. vocalis eine Spannungsänderung herbeizuführen. Er bestimmt vor allem die schwingende Masse. Zu erwähnen wäre noch der Kehledeckelknorpel, der die Atemröhre während des Schluckvorganges abdeckt.

c) Das Ansatzrohr

Die Schwingungen des primären, von den Stimmbändern mit dem trachealen Luftstrom gebildeten Systems führen zu Schwingungen der angrenzenden Lufträume des Stimmapparates und ihrer Wandungen. Dazu gehören vor allem die Larynx Ventrikel, der Pharynx, Nasen- und Mundhöhlen. Im Ansatzrohr wird gleichsam aus dem Grundton der Stimmlippenschwingungen, der Klangcharakter, durch besonders hervortretende Obertonbereiche gebildet. Die schließlich von der Mundöffnung abgestrahlten Luftschwingungen bilden den Stimmklang.

2. Schwingungen der Stimmlippen

a) Einstellung der Stimmlippen zur Phonation

Bevor die Stimmlippen angeblasen werden, stellt sich der Kehlkopf durch seinen Muskelapparat für die gewünschte Lautbildung ein. Dabei wird nicht nur die Länge bzw. die Spannung der Stimmlippen festgelegt, sondern auch der Abstand der Stimmbänder voneinander. Die Art des Stimmeinsatzes bestimmt den Schluß der Glottis. Bei normalem Einsatz schließen die Stimmbänder dicht und bewirken so ein Ansteigen des Druckes. Der erhöhte Druck sprengt sie und versetzt sie in Schwingungen, damit beginnt die Phonation.

b) Der subglottische Druck

Er wird auch Ausatmungsdruck genannt, sein Name resultiert aus der Tatsache, daß er unterhalb der Glottis entsteht. Der Schluß der Stimmbänder setzt dem Luftstrom, der aus den Lungen durch Einsinken des Brustkorbes gleichsam ausgepreßt wird, ein Hindernis entgegen. Erst bei Schluß der Glottis kann ein Druck entstehen.

Es ist klar, daß seine Werte von der Art des Stimmeinsatzes, d.h., von der Spannung und dem mehr oder weniger festen Schluß der Stimmlippen abhängen. Übertrifft der Druck den Widerstand, so wird der Schluß der Stimmbänder gesprengt. Das Nachlassen des Druckes bringt sie auf Grund ihrer Elastizität wieder zusammen, und es erfolgt ein erneutes Sprengen, die Stimmlippen werden in Schwingung versetzt. Der Ton entsteht also durch periodisches Unterbrechen des Expirationsstromes, infolge rasch aufeinander folgender Annäherung und Entfernung der Stimmlippen voneinander, also durch rasche Luftverdünnung und Luftverdichtung. Mittels des subglottischen Druckes wird sowohl die Tonhöhe als auch die Lautstärke geregelt. Eine erhöhte Spannung der Stimmlippen bei höheren Tönen setzt einen größeren Druck zum Öffnen der Glottis voraus. Eine zunehmende Lautstärke wird durch stärkeres Anblasen der Stimmlippen erzielt.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Die Faktoren, von denen der subglottische Druck bei der Bildung eines Vokales abhängt, sind Stimmstärke, Stimmeinsatz, Tonhöhe und das Stimmregister, ferner ob geflüstert, gesprochen oder gesungen wird. Sein Wert bei leiser Aussprache des Vokals A auf den Ton a (216 Hz) beträgt 5-6 cm Wasser, bei lauter Stimme 16 cm Wasser (35).

c) Theorien der Stimmgebung

Die älteste sogenannte "myoelastische" Theorie der Stimmgebung wurde im Jahre 1741 von FERREIN begründet. Nach dieser Theorie wirken die Stimmlippen wie ein Zungenpfeifensystem, das durch den aus der Lunge austretenden Luftstrom in Schwingungen versetzt wird. Lediglich die Länge und dadurch die äußere Spannung, sowie auch die schwingende Masse der Stimmlippen, sind nach dieser Theorie einstellbar. Von dieser Einstellung und vom subglottischen Druck ist die Frequenz der Schwingungen, also die Tonhöhe, abhängig. Man kam aber später von der Vorstellung des Zungenpfeifensystems mit vertikal schwingenden Zungen ab und ging dazu über, die Stimmlippen wie ein Polsterpfeifensystem mit horizontal gegeneinanderschlagenden, elastischen Polstern aufzufassen. EWALD konstruierte nach diesen Vorstellungen solche Polsterpfeifen. An der Theorie änderte sich grundsätzlich nichts.

Dieser Vorstellung gegenüber steht die von HUSSON 1950 begründete neurochronaxische Theorie. Danach werden die Stimmlippenschwingungen nicht durch den Atemdruck, sondern durch neuromotorische Impulse ausgelöst, die den Stimmbandmuskel über den

N. recurrens erreichen. Dabei entsprechen die neuromotorischen Impulsfrequenzen der Frequenz des zu erzeugenden Grundtones. Sie muß also bei hohen Tönen höher sein. Die Theorie wird allgemein abgelehnt (n. Früh (20)).

3. Stimmeinsätze

Unter Stimmeinsatz versteht man den akustischen Effekt, der sich aus der Stimmlippeneinstellung zu Beginn der Phonation ergibt. Der Stimmeinsatz ist das Resultat einer fein aufeinander abgestimmten Koordination des subglottischen Druckes und der entsprechenden Einstellbewegungen im Bereich der Stimmlippen, sowie des supra-glottischen Raumes (Arnold-Luchsinger (34)).

a) Harter, weicher, gehauchter Einsatz

Die verschiedenen Einsätze, die mit dem Ohr oder im registrierten Klangbild deutlich zu unterscheiden sind, hängen vom Verhalten der Stimmlippen vor dem Beginn der Stimmgebung ab. Beim harten Einsatz legen sich die Stimmlippen vor der Phonation fest aneinander, so staut sich der Luftstrom unter der Stimmritze, so daß die Stimmbänder gewissermaßen gesprengt werden müssen. Dabei entsteht ein leicht knackendes Geräusch, das als Glottisschlag bezeichnet wird. Der weiche Einsatz entsteht durch vorsichtige Adduktionsstellung der Stimmlippen, wobei die Stimmritze einen schmalen, elliptischen Spalt bildet. Durch den allmählich verstärkten Atemdruck erfolgen nun gleichmäßige, zunehmende Stimmlippenschwingungen, die den weichen Einsatz charakterisieren. Beim gehauchten Einsatz nähern sich die Stimmbänder, ohne sich vollständig zu berühren. Sie gehen von der Expirations- oder Hauchstellung, in der die Stimmritze meist Dreiecksform hat, in die Phonationsstellung über. Die Expiration beginnt vor dem Schluß der Stimmlippen. Der subglottische Druck ist geringer.

b) Flüstern

Die Flüsterstimme hat Geräuschcharakter und beruht auf einem unvollkommenen Anblasen der Resonanzräume durch den kontinuierlichen Luftstrom, der die geöffnete Stimmritze passiert, ohne durch die Stimmbandschwingungen periodisch unterbrochen oder deformiert zu werden. Die Stimmritze kann dabei verschiedene Gestalt haben.

Als charakteristisch für die Form der Glottis beim Flüstern gilt die Y-Form, bei der hinten zwischen den Aryknorpeln eine dreieckige Lücke bleibt (Flüsterdreieck), während die Stimmbänder in ihrer vorderen Hälfte dicht aneinander liegen. Je lauter geflüstert wird¹, umso enger wird die Glottis. Der subglottische Druck sinkt erheblich ab, der Luftverbrauch wird größer (34).

c) Tonschwellen

Der Schwellton kommt durch Veränderung der Lautstärke bei konstanter Tonhöhe zustande. Da die Lautstärke eines Tones nur durch Veränderung des Anblasedruckes erfolgt, muß eine entsprechend gegensinnig wirkende Veränderung der Spannung der Stimmbänder erfolgen (34).

d) Brust- und Falsettstimme

Bei der Bruststimme, also Tönen mit relativ niedriger Frequenz, ist die Spannung der Stimmlippen verhältnismäßig gering. Die Stimmritze ist geschlossen. Die Schwingungen sind langsam und ausholend. Die Stimmlippen gelangen zur Berührung und legen sich mit ihren Rändern breit aneinander. Dabei hört die Bewegung nicht plötzlich auf, sondern die Masse der Stimmlippen schwingt weiter. Der Anblasedruck ist gering. Im Falsett sind die Stimmbänder straff gespannt. Es schwingen nur die Ränder, während ihre Hauptmasse in Ruhe bleibt. Die Stimmlippen berühren sich bei den höheren Tönen der Kopfstimme beim Schwingen nicht mehr, sondern lassen vielmehr einen mehr oder weniger breiten Spalt dauernd offen. Mit zunehmender Tonhöhe wird die Verschlußphase, die bei tiefen Tönen der Bruststimme länger ist als die Öffnungsphase, immer kürzer. Der subglottische Druck steigt erheblich (35).

III. GESTÖRTE STIMMLIPPENSCHINGUNGEN

1. Einteilung der malignen Tumoren nach Lokalisation

Der Kehlkopfkrebs kann alle Teile des Larynx einnehmen. Wir unterscheiden den äußeren und den inneren Kehlkopfkrebs. Entwickelt sich der Tumor von der Kehlkopfschleimhaut, so spricht man vom inneren Kehlkopfkrebs. Das äußere Larynx-Carcinom nimmt seinen Ursprung von den äußeren Teilen des Kehlkopfes und kann

sich in die Kehlkopfhöhle ausdehnen. Der innere Kehlkopfkrebs ist weitaus häufiger als der äußere.

Meist geht das innere Larynx-Carcinom von den Stimmbändern aus und greift erst sekundär auf die übrigen Teile des Kehlkopfes über. SENDZIAK fand bei 188 Fällen als Ausgangspunkt:

107mal die Stimmlippen, 23mal die Taschenbänder, 7mal die Morganischen Ventrikel, 7mal den subglottischen Raum, in den restlichen Fällen konnte der Ursprung nicht genau bestimmt werden (12).

Die internationale Einteilung erfolgt nach Regionen:

- a) Tumoren der mittleren Region - glottisch - Stimmband
rechtes und linkes Stimmband und vordere Kommissur.

Begrenzung:

nach oben: durch eine horizontale Linie, die durch den oberen Rand der Stimmbänder gelegt ist.

nach unten: durch eine Linie vom Unterrand des Schildknorpelwinkels (Incisura thyroid. inferior) zum Oberrand der Ringknorpelplatte.

FRÄNKEL unterscheidet bei den Stimmbandtumoren zwei Formen: die polypoide und die diffuse Form.

Bei der polypoiden Form findet sich häufiger im vorderen als im hinteren Anteil der Stimmlippen eine knotige, manchmal warzig aussehende, meist am freien Rand der Stimmlippe sitzende Verdickung. Das Carcinom kann aber an jeder Stelle des Stimmbandes entstehen.

Die zweite Form, das diffuse Carcinom, beginnt mit diffuser Infiltration der Stimmlippen und neigt zu Ulceration. Es dehnt sich meist entlang der Stimmbänder aus.

Dabei greift das Carcinom, wenn es im vorderen Anteil der Stimmlippe sitzt, auf die andere Stimmlippe über, indem es über die vordere Kommissur nach der anderen Seite wächst. Es ist sehr selten.

- b) Tumoren der supraglottischen Region

Laryngeale Epiglottisfläche - Taschenbänder - Ventrikel - praepiglottischer Raum (Valleculae).

Hier hat der Tumor bereits größere Teile des Kehlkopfes ergriffen. Es kommt bei weiterem Wachstum zu papillären, knolligen und zottigen Wucherungen, welche die Kehlkopfhöhle mehr oder weniger ausfüllen können. Die Geschwulst kann aber auch wandständig bleiben. Sie treibt dann allmählich die Wandung nach der Höhle vor. Im weiteren Verlauf greift der Prozeß auf die tiefen Schichten, auf die Muskulatur und das Arygelenk über. Er beeinflusst dann die Phonation erheblich. Durch die Verengung der Luftwege kann es zum Stridor kommen.

2. Resultierende Stimmstörungen

Der Umfang der Stimmstörung hängt größtenteils vom Sitz des Tumors in der Stimmlippe und seiner Ausbreitung in die Tiefe ab. Dabei kann der Tumor sowohl die schwingenden Anteile direkt beeinflussen, als auch indirekt durch Schädigung des N. recurrens.

Wir unterscheiden:

a) Dämpfung der Schwingungen

Die an den Stimmlippen lokalisierten Carcinome verursachen frühzeitig Stimmstörungen, bei knötchenförmig beginnendem Tumor finden wir häufig Diphthongie. Bei diffuser Infiltration ist die Stimme belegt und heiser. Durch die veränderte Masse der Stimmlippen kommt es zu arhythmischen Schwingungen. Die Bewegungsstörung kommt dadurch zustande, daß das Carcinom infiltrierend in den Stimmbandmuskel und später in das Ary-Ringknorpel-Gelenk hineinwächst. Letzteres führt zur Fixation der Stimmlippen.

b) Fixation der Stimmlippen

Greift der tumoröse Prozeß auf die tieferen Schichten, besonders auf den Stimmbandmuskel oder das Arygelenk über, so macht sich eine zunehmende Bewegungseinschränkung der Stimmlippen bis zur Fixation bemerkbar. Gleichzeitig nimmt die Heiserkeit zu, die schließlich in Aphonie übergeht. Der phonatorische Stillstand zeigt sich im Ausfall der passiven, luftstrombedingten Bewegungen der Stimmlippen während der Phonation. Bei diesem Stillstand ist keine seitliche Bewegungsamplitude, keine luftstrombedingte Verformung der Stimmlippenkonturen und auch keine wellenförmige Verschiebung der Schleimhaut über den gesamten Stimmbereich zu beobachten (3).

IV. BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN UND BESTIMMUNG DES SUBGLOTTISCHEN DRUCKES

Die Versuche, den Atemdruck unter der Glottis zu bestimmen, reichen relativ weit zurück. Bereits Anfang des 19. Jahrhunderts hat ARON als erster Messungen an Tracheotomierten ausgeführt. Er benützt dazu eine perforierte Siebkanüle und verbindet sie mit einem Schlauch an einem Manometer. Seine Messungen beschränken sich jedoch auf die Druckverhältnisse während der normalen Atmung. Die Ergebnisse sind, wenn man die verhältnismäßig einfache Versuchsanordnung berücksichtigt, den später ermittelten Werten entsprechend. Auch LATOUR (1837), GRÜTZNER (1879) und ROUDET (1900) beschäftigen sich eingehend mit der Bestimmung des Atemdruckes. GUTZMANN (1920) und LOEWY (22) prüfen bei verbesserter Methode die Werte von ARON und finden, daß die Werte während der Atmung zwischen 10 mm und 30 mm Wasser schwanken. Von dem Zusammenhang zwischen Atemvolumen und subglottischem Druck zeigen sie, daß eine Volumensteigerung auch eine Zunahme des Druckes bewirkt. Sie untersuchen außerdem eingehender die Druckverhältnisse bei phonetischen Vorgängen. Dabei stellen sie fest, daß der subglottische Druck mit der Steigerung der Lautstärke beträchtlich zunimmt. Ebenso ergeben sich Druckunterschiede zwischen den verschiedenen Vokalen, a erfordert den geringsten Druck, u und i den stärksten. Für die gleiche Stimmintensität bei Steigerung der Tonhöhe finden sie gleichfalls eine Zunahme des Druckes.

Bei der Flüsterstimme zeigen sich außerordentlich geringe Druckwerte bei sehr hohem Atemvolumen.

HASSLINGER (25) sucht die Fehlerquellen früherer Messungen, die vorwiegend in der Auswahl der Patienten liegen (Patienten mit pathologischer Verengung des Larynx), zu vermeiden. Bei zwei Patienten, die wegen eines akuten Larynxödems tracheotomiert werden, bieten sich nach Abheilung völlig normale Verhältnisse. Es ergeben sich hierbei wesentlich geringere Werte. Ruhige Atmung 5 mm-9mm Wasser, rasche Atmung 34 mm-38 mm Wasser. Patienten mit pathologischen Larynxverengungen zeigen eine deutliche Zunahme der Druckwerte bis maximal 200 mm Wassersäule.

Erst sehr viel später (zwischen 1954 und 1964) beschäftigen sich vor allem VAN DEN BERG, STRENGER, DRAPER, LADEFOGED und KUNZE wieder intensiv mit der subglottischen Druckmessung. Sie bedienen sich neuer Methoden. Erstmals messen

STRENGER, LADEFOGED und KUNZE den Druck mittels einer Punktionskanüle in der Trachea. Als weitere Variante bestimmen sie den Druck im Oesophagus und vergleichen ihn mit dem Trachealdruck. Es wird also direkt und indirekt gemessen. Man kann somit unterscheiden;

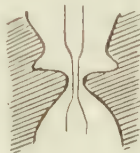
1. Untersuchungen an Tracheotomierten:

Diese Untersuchungsmethode erfuhr nach Bekanntgabe der neurochronaxischen Stimmtheorie von HUSSON einen gewaltigen Aufschwung. Verschiedene Autoren untersuchten die Rolle des subglottischen Drucks auf die Schwingungen der Stimmbänder. PIQUET und DECROIX (42) fanden im Verlauf einer Laryngektomie, daß die Intensität eines Tones in direkter Beziehung zum Wert des subglottischen Druckes stand. Bei einem Ton von etwa 70 Phon steigt der Druck auf 24 cm Wassersäule.

STRENGER (44) bestimmt die Druckwerte bei Stimmeinsätzen in der schwedischen Sprache. Er findet, daß lange Vokale geringere subglottische Werte (8,5-9,7 cm Wassersäule) als kurze (9,3-10,9 cm Wassersäule) erfordern. Die Werte der Konsonanten liegen tiefer (3,8-7,2 cm Wassersäule). Die Messungen an Tracheotomierten sind jedoch, auf Grund der zur Verfügung stehenden Patienten (pathologisch verengter Larynx), sehr einseitig. Neue Methoden erlauben auch an physiologischen Versuchspersonen Druckmessungen auszuführen.

2. Intratracheale Messungen:

VAN DEN BERG (5) benützt dazu einen Polyäthylen-Katheter, den er durch die Nase direkt durch die Glottis unter die Stimmbänder bringt. Er bestimmt damit den subglottischen Druck des Vokals a bei verschiedener Frequenz und zunehmender Lautstärke mit Brust-Mittel- und Falsettstimme.



Katheter nach VAN DEN BERG

Er stellt eine Zunahme des Druckes mit steigender Lautstärke bei gleicher Tonhöhe in allen drei Stimmbereichen fest. Doch scheint die Lautstärke in großem Maße von der Art des abstrahlenden Mundes abzuhängen. Weiterhin stellt er den mittleren subglottischen Druck in Beziehung zum mittleren Luftstrom. Normalerweise steigt der Druck mit zunehmendem Luftstrom. In der Falsettstimme ist das Verhältnis linear. Bei Brust- und Mittelstimme dagegen zeigen sich kleine Abweichungen. Die Ursache sucht er im wechselnden Widerstand der Glottis zu erklären. DRAPER, LADEFOGED und WHITTERIDGE (15) führen ihre Messungen mit einer Nadel von 1,5 mm Durchmesser zwischen dem 3. und 4. Trachealring aus. Die Druckmessungen erfolgen während normaler Sprechweise, beim Zählen und Wiederholen einzelner Silben, jeweils mit konstanter Lautstärke. Es zeigt sich nicht bei jeder Silbe ein Gipfelpunkt, vielmehr steigt die Kurve mehr oder weniger steil an und bleibt während des Sprechens auf einer Ebene, und fällt beim Ende der Phonation sofort ab. Die Werte liegen um 4-6 cm Wasser, bei lauter Phonation wird bis 30 cm Wassersäule erreicht.

STRENGER (45) benutzt eine Punktionsnadel mit Trokar von 2 mm Durchmesser. Nach einer subcutanen Anaesthetie führt er die Nadel im Ligamentum cricothyreoideum 15 mm tief ein. An Hand einiger ein- und zweisilbiger Testworte bestimmt er alle 0,2 sec einen Meßpunkt und verbindet sie durch eine Kurve. Das äußere Bild einer Kurve bleibt bei einer Meßserie für das gleiche Wort immer dasselbe. Die Maxima schwanken etwa zwischen 8 und 9,5 cm Wassersäule.

KUNZE (30) bestimmt die Druckwerte mit einer Nadel von 0,6 mm Durchmesser, er führt sie zwischen dem 1. und 2. Trachealring ein.

Die Meßwerte für den Vokal a schwanken im Durchschnitt zwischen 5,9 und 6,3 cm Wassersäule, die Schwankungen liegen an der verschiedenen Tonhöhe und Lautstärke bei den einzelnen Versuchspersonen. Alle letztgenannten Autoren machen ihre Messungen im Zusammenhang mit Vergleichsuntersuchungen des oesophagealen Druckes. Es sind weniger Absolutwerte des subglottischen Druckes von Interesse, als vielmehr eine Beziehung zum Druck im Oesophagus zu finden.

3. Vergleiche mit intraoesophagealem Druck

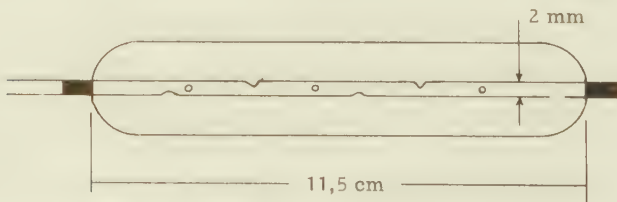
Die Methode, den Druck mittels einer Kanüle in der Trachea zu messen, erweist sich für die Versuchsperson als relativ unbequem. Man bestimmt daher den Druck im Oesophagus und sucht ihn, bei gleichzeitiger Ableitung des Trachealdruckes, mit

diesem zu vergleichen. Dazu wird allgemein ein Katheter benutzt, der mit einem Gummiballon versehen ist, welcher nach Aufblasen den Katheter gegen die Oesophaguswandung abdichtet (s. unten).

VAN DEN BERG (5) zeigt, daß der Druckanstieg in der Speiseröhre ein gutes Maß für den mittleren subglottischen Druck abgibt. Die Abweichung ist bei geschlossener Glottis und gleichem Lungenvolumen am geringsten. Der Druck im Oesophagus erweist sich als etwas geringer (ca. 0,8 cm Wassersäule), als der in der Trachea. DRAPER, LADEFOGED und WHITTERIDGE (15) bestätigen diese Feststellungen. Bei Druckwerten um 12 cm Wassersäule stellen sie eine gute Beziehung fest. Wichtig ist, wie sie in einer Versuchsreihe zeigen, die Lage der Sonde. Die besten Vergleichswerte ergeben sich, wenn die Sonde 34 cm vom Nasenloch in den Oesophagus geschoben wird. Ebenso zeigt STRENGER (45), daß die Druckwerte im Oesophagus fast (0,5-1cm geringer) mit denen in der Trachea übereinstimmen.

KUNZE (30) widerlegt mit seinen Messungen die Ergebnisse der obengenannten Autoren. Weder eine Änderung in der Größe oder in der Lage des Katheters ergibt eine Ähnlichkeit der Druckwerte. Vielmehr zeigt sich, daß während der Trachealdruck bei abnehmendem Lungenvolumen konstant bleibt, der oesophageale Druck ansteigt. Nur bei geschlossener Glottis und unterbrochener Phonation mit konstant gehaltenem Lungenvolumen, läßt sich eine gewisse Ähnlichkeit feststellen.

Die Methode, den subglottischen Druck indirekt mit einer Oesophagussonde zu bestimmen, erweist sich also nur unter gewissen Bedingungen als geeignet.



Katheter mit langem Ballon zur Druckmessung im Oesophagus nach VAN DEN BERG

V. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Aufgabenstellung

Bei den bisherigen Arbeiten haben die Autoren vor allem Wert auf quantitative Druckbestimmung während der Atmung und einzelnen Testworten gelegt.

In der vorliegenden Untersuchung soll die Druckkurve besonders qualitativ bei verschiedenen Stimmeinsätzen analysiert werden. Gegenüber physiologischen Versuchspersonen gilt es, die Verhältnisse bei gestörter Stimmlippenschwingung zu vergleichen.

Über ein Registriergerät erfolgt die gleichzeitige Ableitung:

- a) des subglottischen Druckes mittels eines Druckreceptors Z 101/67 der Firma Schwarzer,
- b) der respiratorischen und phonatorischen Glottographie,
- c) der Atmung mittels eines Aerometers, mit getrennter Registrierung der Ein- und Ausatemungsströmung durch Mund und Nase.

1. Beschreibung der Geräte:

- a) Die Druckkammereinrichtung IV Z 101/67 der Fa. Schwarzer, München-Pasing

Die Druckkammereinrichtung dient zur Messung von Absolutwerten in Flüssigkeiten und Gasen. Sie besteht aus einem mechanisch-elektrischen Wandler - der eigentlichen Druckkammer - sowie einem Trägerfrequenz-Speisegerät und einem Kompenstationsteil zur elektrischen Anpassung an den nachgeschalteten Registrierkanal.

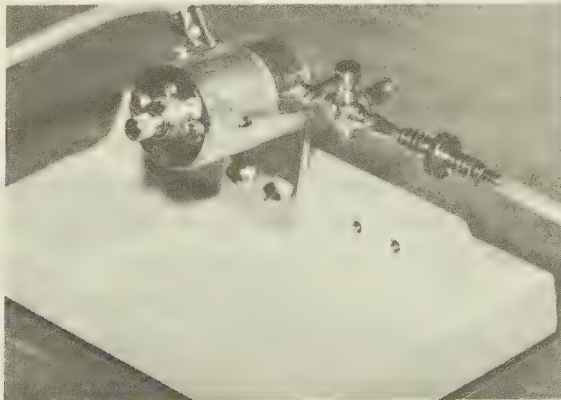


Abb. 1 Druckreceptor mit Dreiwegehahn

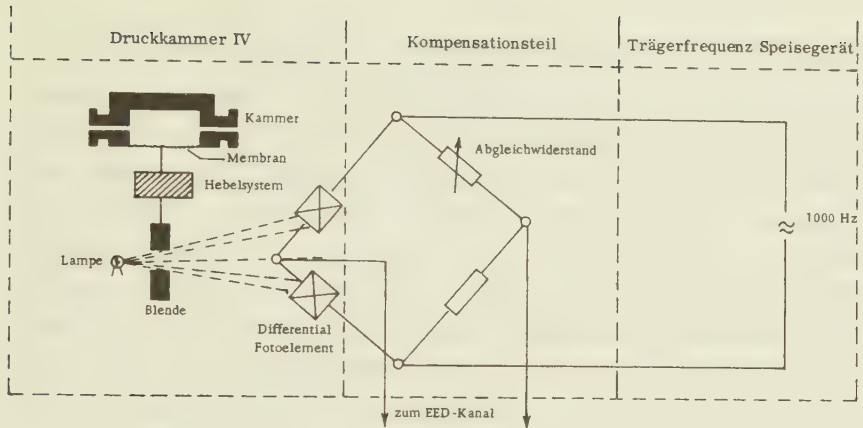
aa) Druckkammer:

Der Kammerteil besteht aus einer zylindrischen Vertiefung, die durch eine kreisrunde Metallmembran gegen die Atmosphäre abgeschlossen ist. Positive und negative Druckänderungen bewirken eine Aus- bzw. Einwölbung der Membran und damit die Umwandlung der Druck- in eine Längenänderung. Über ein Hebelsystem starr mit der Membran verbunden ist eine Blende, die den Lichtstrahl eines Lämpchens auf einem Differential-Photoelement beeinflusst. Die durch das Hebelsystem vergrößerte Membranbewegung bewirkt eine druckproportionale Aufhellung der einen und eine Abdunkelung der anderen Hälfte des Differential-Photoelements und damit eine entsprechende gegensätzliche Widerstandsänderung.

bb) Kompensationsteil und Trägerfrequenz-Speisegerät:

Das Kompensationsteil enthält zwei in Serie geschaltete Widerstände, die dem Differential-Photoelement parallel geschaltet sind (Brückenschaltung). An beiden Widerstandskombinationen liegt die im Trägerfrequenz-Speisegerät erzeugte Wechselspannung von 1000 Hz. Für den Nullabgleich wird einer der Widerstände im Kompensationsteil so lange verändert, bis das Verhältnis der beiden Widerstände ebenso groß ist, wie das Widerstandsverhältnis im Differential-Photoelement, in der "Brückendiagonale" besteht dann kein Spannungsunterschied.

Im Betriebszustand werden die Widerstände im Kompensationsteil nicht mehr verändert, während sich das Widerstandsverhältnis in der Druckkammer druckproportional ändert. Dadurch wird das Brücken-Gleichgewicht gestört und in der "Brückendiagonale" entsteht eine druckproportionale Spannung, die dem Registriergerät zugeführt wird. Da es sehr schwierig ist, kleine Gleichspannungen nullpunktstabil zu verstärken, bedient man sich im vorliegenden Fall des Trägerfrequenzprinzipes. Diese Trägerfrequenzspannung wird in der Brückenschaltung amplitudenmoduliert, wobei die Amplitude der Meßgröße proportional ist.



Druckkammer-Einrichtung IV (stark vereinfachte Prinzipschaltung)

cc) Registrierkanal

Für die Verstärkung und Registrierung der aus dem Kompensationsteil kommenden amplitudenmodulierten Trägerfrequenz-Spannung dient ein "EED"-Kanal der Fa. Schwarzer. In der Schalterstellung "TD" wird jedoch die verstärkte Trägerfrequenzspannung demoduliert, d.h., durch Gleichrichtung und Siebung in eine der Meßgröße proportionale Gleichspannung umgewandelt und als solche registriert.

b) Glottographie

In Anlehnung des von FABRE 1958 entwickelten Prinzips der Glottographie haben BALK und LOEBELL einen modifizierten Glottographen gebaut.

Die Stimmlippen wirken dabei wie Platten eines Kondensators, der in einem Wechselstromkreis zwischengeschaltet ist. Der Kondensator bildet für den Wechselstromkreis einen kapazitiven Widerstand. Je nach Stellung der Stimmlippen ändert sich dieser Widerstand. Beim Nähern der Stimmlippen wird der Abstand der Kondensatorplatten geringer, die Kapazität größer und damit der Widerstand kleiner. Die Spannung des Stromes steigt. Beim Auseinanderweichen der Stimmlippen wird die Kapazität kleiner, die Spannung verringert sich.

Technische Beschreibung des Glottographen:

Von einem Gegenkontakt-Hartley-Oscillator wird ein hochfrequenter Wechselstrom auf zwei dem Kehlkopf beidseitig anliegenden Elektroden von je 2,5 cm Durchmesser zugeführt. Die schwankende Dielektrizitätskonstante des Kehlkopfes bewirkt an dem Vorwiderstand eine Modulation der Hochfrequenzspannung an den Elektroden. Die modulierte HF-Spannung wird einem abgestimmten HF-Verstärker zugeführt und anschließend gleichgerichtet.

Die Modulationstiefe der HF-Spannung ist sehr gering. Deshalb wird bei der 2. Stufe des HF-Verstärkers der Abstand zwischen Arbeitspunkt und Einsatzpunkt proportional zur unmodulierten HF-Ausgangsspannung gemacht. Letzteres wird durch einen HF-Gleichspannungswandler bewirkt, der eine zur unmodulierten HF-Ausgangsspannung proportionale Gleichspannung erzeugt, von der ein Bruchteil den Arbeitspunkt der Verstärkerstufe festlegt.

Nach der Gleichrichtung erfolgt, nach einem Vorschlag von LOEBELL, mittels einer Frequenzweiche, eine Trennung in tonfrequente und niederfrequente Modulationsanteile, die getrennt und gleichzeitig registriert werden.

Es werden nun die interessanten Frequenzspitzen verstärkt und eine gleichzeitige Registrierung von langsamen und schnellen Anteilen der Stimmlippenschwingungen erzielt.

Die Aufzeichnung der schnellen Stimmlippenbewegungen werden als phonatorische Glottographie bezeichnet, während man die langsameren respiratorische Glottographie nennt. Die phonatorische Glottographie ergibt ein elektrisches Äquivalent bei der Lautgebung und zwar nur der stimmhaften Laute, da bei stimmlosen Lauten die Stimmlippen nicht schwingen. Die respirat. Glottographie registriert die langsamen Bewegungen bei der Phonation und der Atmung.

Die Widerstandsänderungen bei Öffnungs- und Schließungsbewegungen der Glottis lassen sich als Kurven darstellen. Die Glottisschreibung zeigt ein Tief bei der Öffnung und einen Anstieg bei der Schließung der Stimmlippen.

c) Das Doppelaerometer nach SMITH:

Die Kontrolle der Atmung erfolgt mit dem Aerometer, welches in vier getrennten Kurven die Ein- und Ausatmung von Mund und Nase registriert.

Nur der qualitative Vergleich der Atmung, der Glottographie und des subglottischen Druckes ist von Interesse.

Technische Beschreibung des Aerometers:

Das Prinzip des Instrumentes liegt darin, Luftströme in Druck umzuwandeln, der auf einen elastischen Körper wirkt. Zwischen dem durchströmenden Volumen und dem Druck, der nötig ist, das Luftvolumen durch einen Widerstand auf einen bestimmten kritischen Wert des Durchstromes zu drücken, besteht eine Beziehung (POISEUILLEsches GESETZ).

Der Atemluftstrom drängt bei diesem Aerometer die Ränder von elastischen Gummiventilen mit veränderlicher Öffnungsweite auseinander. Die Gummiventile ermöglichen der Luft nur in einer Richtung durchzuströmen. Sind nun zwei Gummiklappen in entgegengesetzter Richtung angebracht, so kann damit Ein- und Ausatmung voneinander getrennt werden. Die Klappen schließen sich in Ruhe durch die Elastizität des Materials. Die Größe der geöffneten Fläche steht in Beziehung zu dem in der Zeiteinheit durchströmenden Luftvolumen. Damit die Klappenränder auf Grund des BERNOULLI-Effektes nicht vibrieren und tönen, sind die Ventile vertikal, um 90° gedreht, angebracht. Je zwei Ventile für Mund und Nase sind an einer oronasalen Atemmaske befestigt. Mit Hilfe eines Schaumgummiringes soll die Maske luftdicht am Gesicht anliegen. Ein transversales Gummisegel trennt innerhalb der Maske die Räume für Mund- und Nasenatmung.

Auf der einen Seite eines jeden Ventils ist eine Gleichstromlichtquelle, auf der anderen je eine Photozelle angebracht. Bei Ventilöffnung wird je eine Photozelle sensibilisiert und die Lichtänderungen in Spannungsänderungen umgewandelt. Über ein Verstärkersystem in Gestalt von 4 Gleichstrom-Kanälen kann man diese Stromschwankungen mit dem EEG-Direktschreiber aufzeichnen.

d) Das Registriergerät

Als Registriergerät dient ein Elektroenephalograph (Typ E 521) der Fa. Schwarzer. Das Gerät besteht aus einem Pultschrank und dem dazugehörigen Ableitungsstativ, sowie den einzelnen Kanälen zugeordnete Verstärker und der Registriereinrichtung. Die Meßwerte der 12 Verstärkereinheiten werden mittels leichter, aber massiver Stahlfedern auf unpräpariertes Papier, bei sehr viel langsamer laufendem Kohlepapier aufgezeichnet. Die Papiergeschwindigkeit ist durch Einlegräder variierbar. Die Schreibfrequenz erreicht 230 Hz linear.

Folgende Verstärkerkanäle werden benutzt:

1. Zur Druckmessung ein EED-Kanal mit Trägerfrequenz-Demodulation.

2. Für die respiratorische Glottographie und Aerometrie GWS-IV Kanäle.
3. Für die phonatorische Glottographie ein Spezial-Hochpass (HP) Kanal.

2. Methodik und Programm

Normale Versuchspersonen und Patienten werden unter gleichen Bedingungen untersucht.

Die Druckmessung erfolgt direkt unter der Glottis . Nach subcutaner Lokalanästhesie mit 1,5 ccm Novocain, erfolgt der Einstich mit der Kanüle zwischen Schild- und Ringknorpel durch das Lig.conicum. Die Einstichstelle ist zwischen Schild- und Ringknorpel leicht zu tasten. Die Methode ist ungefährlich, da keine Gefäße (nur ein Ramus der Arteria thyreoidea) und keine Nerven verletzt werden können. Höchstens ein eventueller Mittellappen der Schilddrüse kann zu stärkeren Blutungen führen. Es wird eine Biermersche Kanüle mit Trokar verwendet (s. Abb. 2). Eine Kürzung der Kanüle auf 20 mm hat sich nach Studie an anatomischen Präparaten am geeignetsten erwiesen.



Abb. 2 Kanüle mit Trokar 1,0 mm Durchmesser

Zur Arretierung und Stützung der Nadel dient eine selbst hergestellte Kunststoffhalterung. Ein Polyäthylenschlauch von 3 mm Durchmesser verbindet die Kanüle mit der Druckkammer. Vor und nach jeder Ableitung werden die Ausschläge der Druckkammer geeicht. Hierzu dient ein einfaches U-Rohr als Wassermanometer. Der Druck einer beliebigen variierbaren Wassersäule kann über einen Dreiwegehahn (s.Abb.1) der Druckkammer zugeführt werden. Der Ausschlag auf dem Registrier-

papier zeigt nun den jeweiligen Druck der Wassersäule in cm Wasser an.
Gleichzeitig werden die beiden Plattenelektroden der Glottographie und das Aerometer angelegt (s. Abb. 3).

An allen Versuchspersonen wird das gleiche Programm abgeleitet:

a) ruhige

I Atmung

b) tiefe

II Stimmeinsätze	Testworte
Harter Einsatz	Tasse, Tante, Koffer, auf und ab, Abend
weicher Einsatz	Mutter, Wand, haben
gehauchter Einsatz	halb, hoch, Haus
Vokaleinsatz	A, E, I, O, U
Stimmlose Lautgebung	K, T
Stimmhafte Lautgebung	Ka, Te
Flüstern	Vater, Mutter, Tasse, Tante
Bruststimme	A
Tonschwellen	Aaa
Falsett	I
Sirene	AaaAaaa
Tonhalten	A, O
Zählen	1 - 10
Sätze	Ist etwas passiert Lore Ein Esel ist mit Salz beladen.
III Einwirkung des Lee-Effektes:	Heute morgen kaufte eine kleiner
Testsatz mit und ohne Lee-Eff.	Liliputaner in der Pettenkoferstraße
Zählen mit und ohne Lee-Eff.	einen großen Papagei.

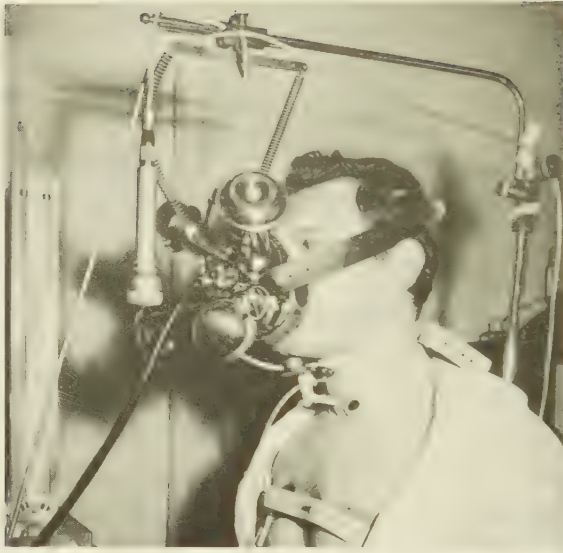


Abb. 3 Versuchsperson in situ

3. Auswahl der Versuchspersonen:

Es werden 20 Patienten mit malignen inneren Larynx-Tumoren untersucht. Es ergibt sich eine Aufteilung in Tumoren der glottischen Region - reine Stimmbandtumoren und solche der supraglottischen Region. Es sind sämtlich männliche Patienten aus dem Krankengut der Hals-Nasen-Ohrenklinik München.

Vergleichsweise werden 5 physiologische Versuchspersonen abgeleitet.

Vor der Schilderung der Ergebnisse, muß auf eine Berücksichtigung des Zeitfaktors für den Druckreceptor eingegangen werden. Der Druck pflanzt sich in dem Schlauch, der die Kanüle mit der Druckkammer verbindet, mit Schallgeschwindigkeit (340 m/sec) fort. Daraus ergibt sich eine geringfügige, kaum meßbare Verzögerung. Diese müßte in der Aufzeichnung der Kurven als Nachhinken der Druckkurve gegenüber der Glottographiekurve sichtbar werden. Wegen der Geringfügigkeit dieses Zeitunterschiedes läßt sich im Kurvenbild aber nichts nachweisen. Für den Versuchsaufbau ergibt sich daraus jedoch die Forderung, um diese Fehlerquelle weitgehendst auszuschalten, den Verbindungsschlauch so kurz wie möglich zu halten.

4. Ergebnisse:

a) Physiologisches Bild

Es soll die Auswertung der Untersuchung vor allem das äußere Bild der einzelnen Meßkurven berücksichtigen. So wird zunächst bei den physiologischen Versuchspersonen der charakteristische Verlauf der Kurven während den verschiedenen Stimmeinsätzen geschildert.

I Atmung

Bei ruhiger Einatmung bleibt die Druckkurve auf der Nulllinie. Zu Beginn der Ausatmung steigt die Druckkurve sanft an. Für die Dauer der Ausatmung bleibt die Kurve auf einer Ebene und fällt am Ende langsam auf Null. Die Glottographie zeigt einen auf- und absteigenden Verlauf, entsprechend den Öffnungs- und Schließungsbewegungen der Glottis (s. Kurve 1).

Für die Dauer der tiefen Einatmung (ca. $1\frac{1}{4}$ sec.) verläuft die Druckkurve in einem Bogen unter der Nulllinie. Die negativen Druckwerte liegen um -2,5cm Wassersäule. Die Ausatmung dauert ca. 2 Sek. Die Druckkurve steigt steiler an und erreicht höhere Werte (s. Tab.1), als während der ruhigen Atmung. Die resp. Glottographie zeigt ausgeprägte Schwingungen, entsprechend den Öffnungs- und Schließungsbewegungen der Glottis.

Tabelle 1: Druckwerte in cm Wasser bei normalen Versuchspersonen.

NAME	ALTER	GESCHL.	STIMMEINSATZ		ATMUNG	
			hart	weich	ruhig	tief
F.H.	24	♂	11	5	1	-2,5/+2,5
Pf.D.	25	♂	12	7	1	-2/+2,5
W.K.	22	♂	11	6	1,5	-2/+4
K.E.	25	♂	11	7	3	-3/+5
K.J.	28	♂	11	7	-	-

II Stimmeinsätze:

Der harte Einsatz läßt die Druckkurve steil ansteigen. Sie zeigt bei den kurzen Testworten bei jeder Silbe einen kleinen Anstieg in Form einer spitzen Zacke. Setzt die Stimmlippenschwingung ein, so schwingt die Luftsäule mit. Während der Phonation geht die Kurve nicht auf die Nulllinie, sie fällt bei Öffnung der Stimmlippen nur ganz wenig und steigt bei deren Schluß wieder. Erst mit dem Ende der Phonation sinkt sie etwas flacher auf den Ausgangspunkt zurück (s. Kurve 3).

Die respiratorische Glottographie ist entsprechend den schnellen Einstellbewegungen der Glottis sehr ausgeprägt. Sie steigt steil an, erreicht in einer spitzen Zacke ein kurzes Maximum und fällt nach Sprengung der Glottis ebenso steil ab (s. Kurve 3). Je weicher der Stimmeinsatz erfolgt, desto flacher und geringer wird der Anstieg der Druckkurve. Im Verlauf der Kurven runden sich die spitzen Zacken ab. Die Einstellbewegung dauert länger ($\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ sec.), entsprechend steigt der Druck schon deutlich ca. $\frac{1}{2}$ Sekunde vor Beginn der Phonation (vergl. Kurve 4 u. 5). Die Art des Druckabfalles am Ende der Phonation ist sehr abhängig vom Schlußlaut, d.h., klingt die Stimme weich aus, wie beim m oder n, so sinkt auch die Kurve flacher ab. Reißt die Stimme abrupt ab, wie beim t oder d, ist auch der Druckabfall steiler.

Der Vokaleinsatz entspricht den Bedingungen des weichen Stimmeinsatzes. Die Luftsäule schwingt stark mit. Es werden mittlere Druckwerte (zwischen 6-9 cm Wasser) erreicht. Die resp. Glottographie ist markant, steiler Anstieg, kurzes Maximum, rascher Abfall. Die phonatorische Glottographie zeigt die ausgeprägten Schwingungen der Stimmlippen.

Beim stimmlosen Lauten (K,T), dem harten Einsatz gemäß, zeigt sich nur eine spitze Zacke, entsprechend dem plötzlichen Luftstau und dem ebenso raschen Ausstoßen der Luft nach Sprengung der Glottis (s. Kurve 6).

Das stimmhafte Lauten (Ka,Te) geht aus dem stimmlosen hervor, nur schließt sich noch ein Vokal an. Die Druckkurve zeigt wieder die spitze Zacke und das anschließende, langsam abfallende a. Die Glottis schließt sich zum stimmlosen K, dann folgt die Sprengung der Glottis und erneuter Schluß für den Vokal (s. Kurve 6).

Das Flüstern ist dem Bild des gehauchten Einsatzes ähnlich. Der Druck erreicht aber wegen der offenen Glottis nicht die entsprechenden Werte. Der Verlauf der Druckkurve unterscheidet sich trotz verschiedener Testworte kaum. Die respirat. Glottographie erscheint verwaschen. Die phonat. Glottographie zeigt, daß die Stimmlippen nicht schwingen (s. Kurve 7).

Der Vergleich Bruststimme, tiefes a, und Falsett, hohes i, zeigt keine großen Unterschiede, die Kopfstimme erzeugt nur höhere Werte (6 cm : 10 cm Wassersäule) und ausgeprägtere Schwingungen der Luftsäule, die in der phonat. Glottographie deutlich werden.

Der Schwellton läßt die Druckkurve nach mäßigem Anstieg mit zunehmender Lautstärke weiter ansteigen und nach Ende der Phonation steil abfallen. Die Glottographiekurve zeigt eine zunehmende Schließbewegung.

Das Bild der Sirene gleicht dem einer Sinusschwingung. Nach anfänglichem mäßigem Anstieg pendelt die Kurve bei zu- und abnehmender Lautstärke um den Gipfelpunkt und fällt erst mit dem Ende der Lautgebung auf die Nulllinie. Die respirat. Glottographie macht ebenfalls die entsprechende Sinusschwingung.

Beim Tonhalten steigt die Kurve rasch an, erreicht mit dem Beginn der Phonation den Gipfelpunkt und fällt während der Stimmgebung kaum merklich ab, erst am Schluß erfolgt der Abfall auf die Grundlinie. Die Glottographie bleibt nach Öffnung der Stimmlippen in Mittellage (s. Kurve 8).

Wird nun ein Satz ohne Pause gesprochen, steigt der Druck steil an und bleibt für die Dauer der Phonation auf einer abfallenden Ebene und zeigt nur bei einzelnen lauter Silben kleine Zacken. Bei den einzelnen Vokalen schwingt die Luftsäule stark mit (s. Kurve 9).

III Verzögerte Sprachrückkoppelung = Lee-Effekt

LEE (33) macht 1950 die Beobachtung, daß charakteristische Sprachveränderungen auftreten, wenn man einem Menschen während des Sprechens seine eigene Stimme über Kopfhörer mit einer kleinen zeitlichen Verzögerung wieder zuführt. Die Wirkung der verzögerten Sprachrückkoppelung auf einen normalsprechenden Menschen nennt man nach seinem Entdecker auch Lee-Effekt. Entscheidend für die Sprachveränderungen ist die Verzögerungszeit.

- 1) LEE beschreibt als wichtigstes Symptom eine Abnahme der Sprechgeschwindigkeit. Gleichzeitig stellt er ein Monotonwerden der Stimme fest, sie ist gedehnt und ärmer an Zäsuren.
- 2) Alle Autoren erwähnen ferner eine Zunahme der Lautstärke.
- 3) Unter der Einwirkung des Lee-Effektes wird die Stimme in der Regel höher. Die Frequenzveränderungen sollen mit dem Ansteigen der Lautstärke zusammenhängen.
- 4) Die eindrucksvollste Erscheinung sind die Artikulationsveränderungen. Sie äußern sich im Wiederholen von Lauten, Silben oder ganzen Worten.

Zur Erzeugung der verzögerten Sprachrückkoppelung steht ein in Dänemark entwickeltes und bei Siemens in Erlangen umgebautes Tonbandgerät mit endlosem Tonband zur Verfügung. Für alle Versuchspersonen wurde dieselbe Verzögerungszeit (0,24 sec) gewählt.

Auf die Druckverhältnisse muß sich besonders die Lautstärkezunahme auswirken. Tatsächlich läßt sich auch eine deutliche, zusätzliche Drucksteigerung zwischen 1 und 7 cm Wasser registrieren (vergl. Kurve 9 und 10).

Das äußere Bild unterscheidet sich kaum. Durch das Langziehen der Silben, durch das Versprechen und Wiederholen von Wörtern ist ein exakter Vergleich auch schwer möglich. Während die Druckkurve ohne Einwirkung des Lee-Effektes eine langsam abfallende Ebene darstellt, bleibt sie mit Lee-Effekt auf einem gleichbleibendem Niveau und fällt erst am Ende steil ab. Das Langziehen erfordert ein 2- oder 3maliges Atmen, während Testsatz ohne Lee-Effekt in einem Zug durchgesprochen werden kann (s. Kurve 9 und 10).

b) Das pathologische Bild

I Atmung (s. Kurve 11 u. 12)

Der Verlauf der Kurven zeigt keine Unterschiede zu den physiologischen Ergebnissen. Die Druckwerte bei den pathologischen Versuchspersonen sind während der ruhigen und tiefen Atmung höher als bei den Gesunden (vergl. Tab. 1 u. 2).

II Stimmeinsätze

Der harte Stimmeinsatz unterscheidet sich im Verlauf der Druckkurve kaum von der physiologischen. Die Werte sind nur deutlich höher (s. Tab. 2). Auch die respirat. Glottographie weicht mit einigen Ausnahmen nicht ab (s. Kurve 13).

Der weiche und gehauchte Einsatz macht besonders den stark heiseren Patienten große Schwierigkeiten, meist ist kaum ein Unterschied festzustellen. Dies zeigt sich auch im Verlauf der Kurve, der flachere Anstieg ist nicht mehr so ausgeprägt und die Werte sind hoch (s. Kurve 14 u. 15). Die Glottographie weicht stark ab. Die Feinheiten fehlen je nach Einschränkung der Stimmlippenbewegung. Manchmal hinkt sie nach, im ganzen gesehen hat sie verwaschenen Charakter (s. Kurve 17 u. 18).

Bei den Vokalen fehlt meist das deutliche Mitschwingen der Luftsäule. Die phonat. Glottographie zeigt die aperiodischen Schwingungen der Stimmlippen.

Das stimmlose und stimmhafte Lauten sowie Flüstern und Schwellton zeigen keine Unterschiede zu den physiologischen Ergebnissen, mit Ausnahme der höheren Druckwerte. Sie liegen zwischen 15 und 40 cm Wasser. Das Bild der Sirene und das Tonhalten unterscheidet sich bei der Druckkurve nicht. Die Glottographie zeigt jedoch deutlich die Bewegungseinschränkung der Stimmlippen im Sinne der aperiodischen Schwingungen beim Vokal A (s. Kurve 16). Eine ausgeprägte Heiserkeit läßt auf stärkere Einschränkung der Stimmlippenbewegung schließen. Dementsprechend ist ein erhöhter subglottischer Druck nachzuweisen.

III Einwirkung des Lee-Effektes

Die verzögerte Sprachrückkoppelung bewirkt eine deutliche Zunahme der Lautstärke. Dies zeigt sich auch im Bild der Druckkurve. Sie steigt nach dem Einsetzen des Effektes noch zusätzlich um 1-15 cm Wassersäule an. Während der Verlauf der Druckkurve ohne Einwirkung des Lee-Effektes mehrere kleine Druckanstiege aufweist, verläuft die Kurve mit Lee-Effekt horizontal (vergl. Kurve 21 und 22).

Tabelle 2 Ergebnisse der pathologischen Versuchspersonen

Nr.	Name	Alter	Geschl.	Beweglichkeit d. St.Lippen	Glottographie respir. phonat.	Subglott. Druck i. cm H ₂ O Atmung ruhig/tief	Phonat. hart/weich	Heiserkeit
1.	S.A.	76		frei bewegl.	teils anorm.	aperiod.	20/10	schwach
2.	K.J.	55		frei bewegl.	unauffäll.	aperiod.	-/-	mittel
3.	L.A.	64		frei bewegl.	unauffäll.	unauffäll.	2,5/7	schwach
4.	S.G.	64		frei bewegl.	unauffäll.	teils ap.	2/5	mittel
5.	K.H.	60		leicht eingeschr.	nachhink.	aperiod.	2,4/5	schwach
6.	D.J.	57		ingeschr.	teils anorm.	aperiod.	3/5	mittel
7.	H.O.	67		ingeschr.	unauffäll.	leicht ap.	3/5	mittel
8.	G.A.	72		ingeschr.	nachhink.	aperiod.	2/4	mittel
9.	S.M.	55		ingeschr.	unauffäll.	aperiod.	2/4	schwach
10.	J.M.	56		ingeschr.	stark abw.	aperiod.	-/3	mittel
11.	Z.E.	74		ingeschr.	abweich.	aperiod.	2,5/5	mittel
12.	S.O.	40		ingeschr.	unauffäll.	aperiod.	-/5	mittel
13.	M.L.	77		ingeschr.	unauffäll.	aperiod.	40/30	mittel
14.	S.H.	46		ingeschr.	unauffäll.	aperiod.	30/10	mittel
15.	F.J.	68		stärker eingeschr.	teils abw.	aperiod.	2,5/6	stark
16.	M.L.	64		stark eingeschr.	unauffäll.	aperiod.	2/5	stark
17.	L.F.	64		stark eingeschr.	unauffäll.	aperiod.	2,3/5	stark
18.	B.E.	72		stark eingeschr.	unauffäll.	aperiod.	4/8	mittel
19.	G.O.	64		fixiert	unauffäll.	aperiod.	-/-	stark
20.	R.A.	57		fixiert	unauffäll.	aperiod.	5/7	stark

Die Versuchspersonen waren alle männlich

Iichen Geschlechts

5. Diskussion der Ergebnisse

a) Normale Versuchspersonen

Die Untersuchung bringt im wesentlichen die gleichen Ergebnisse, wie die Arbeiten früherer Autoren. Die gemessenen Druckwerte stimmen mit den von STRENGER (45), KUNZE (30) und VAN DEN BERG (5) ermittelten überein. Die Meßwerte für den Vokal a liegen zwischen 5,9 und 9 cm Wasser. Der Wert von KUNZE (30) (5,9-6,3 cm Wasser) kommt den vorliegenden Ergebnissen (6-7,5 cm Wasser) am nächsten.

Die qualitative Analyse der Meßkurven ist neu. Die geschilderten Ergebnisse zeigen deutlich das Zusammenspiel der Einstellbewegungen von Stimmlippen und subglottischem Druck bei den verschiedenen Stimmeinsätzen. Besonders anschaulich kommt dies zum Ausdruck, wenn man harten, weichen und gehauchten Einsatz miteinander vergleicht (s. Ausschnitte 3, 4 u. 5).

Erstmals wird die Wirkung der verzögerten Sprachrückkoppelung (Lee-Effekt) auf den subglottischen Druck untersucht. Es zeigt sich, daß die Lautstärkenerhöhung einer zusätzlichen Drucksteigerung zwischen 1 und 5 cm Wassersäule entspricht. Die Druckkurve verläuft ohne Einwirkung des Lee-Effektes auf einer langsam abfallenden Ebene, entsprechend dem nachlassenden Druck.

Bei Einwirkung des Effektes bleibt die Kurve während dem fortlaufenden Sprechen auf einer Horizontalen. Der Druck muß also konstant bleiben.

b) Pathologische Versuchspersonen

Ein qualitativer Vergleich der Ergebnisse mit den normalen Versuchspersonen zeigt nur geringe Unterschiede im Verlauf der Kurvenbilder. Ein großer Unterschied ist aber in den Druckwerten festzustellen. Sie liegen durchwegs höher als bei den Gesunden (10 cm Wasser) und erreichen sogar Werte von maximal 80 cm Wasser. Bei stark unterschiedlichen Stimmeinsätzen, wie dies der harte, der weiche und der gehauchte Einsatz darstellen, kann man eine Abweichung im Verlauf der Druckkurve erkennen. Im Gegensatz zum physiologischen Kurvenbild, das den Charakter des Stimmeinsatzes in der Art des Anstieges und im Druckwert klar zum Ausdruck bringt (s. Kurve 3,4,5), zeigen sich im Verlauf der pathologischen Kurve kaum mehr Unterschiede, denn der Anstieg bleibt gleich und die Werte differieren wenig (s. Kurve 13, 14 u. 15). Die Ursache ist wohl in der stark eingeschränkten Stimmlippenbewegung zu suchen. Die feinen Einstellbewegungen sind nicht mehr möglich. Während der Ab-

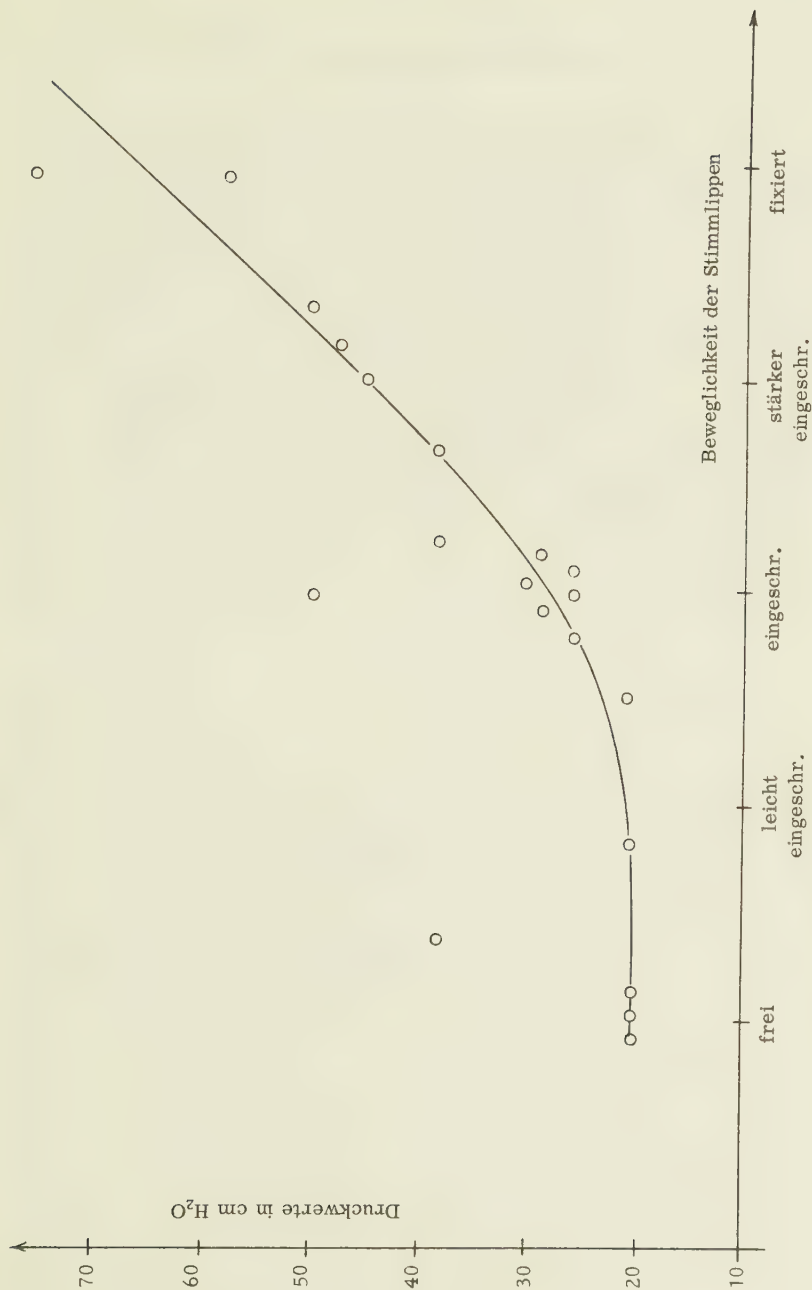
leitung hat sich sehr eindrucksvoll gezeigt, daß es den Versuchspersonen nicht möglich ist, trotz vorherigen Übens, diese unterschiedlichen Stimmeinsätze auszuführen. Die Abhängigkeit der Druckwerte von der Stimmbandbeweglichkeit ist aus der graphischen Darstellung S. 29 zu entnehmen. Es fällt auf, daß sich die Druckwerte im Bereich der frei beweglichen- und leicht eingeschränkten Stimmlippenbewegungen nur gering unterscheiden. Die Werte liegen um 20 cm Wassersäule. Die meisten Werte befinden sich bei der eingeschränkten Bewegung. Der Druck steigt erheblich an (bis 40 cm Wasser). Nimmt die Einschränkung noch mehr zu, steigen die Werte linear (s. graph. Darstellung).

Groß sind die Unterschiede in der Aufzeichnung der Glottographie. Die respiratorische Glottographie, welche die Einstellbewegungen vor der Phonation registriert, macht ebenfalls die fortschreitende Bewegungseinschränkung der Stimmlippen deutlich. Während sich im physiologischen Kurvenbild eine fortlaufende Ähnlichkeit nachweisen läßt, ist, je nach Grad der Bewegungseinschränkung, das pathologische Bild von Fall zu Fall verschieden. So hinkt die Kurve bei einigen Versuchspersonen der Druckkurve gegenüber nach. Es kommt erst nach begonnener Phonation zum Schluß der Stimmlippen (s. Kurve 17 u. 18).

In einer der Ableitungen läßt sich eine völlig paradoxe Bewegung im Sinne einer Öffnung vor der Phonation nachweisen (s. Kurve 19).

Die phonatorische Glottographie zeigt einheitlich die aperiodischen Schwingungen der in ihrer Bewegung gestörten Stimmlippen (s. Kurve 16). In einigen Fällen hat die Verstärkung nicht ausgereicht, es mußte ein Kehlkopfmikrophon verwendet werden. Die Zunahme der Lautstärke, die bei allen Versuchspersonen unter Einwirkung des Lee-Effektes festzustellen ist, wirkt sich auf den subglottischen Druck stärker aus als bei den Gesunden. So werden zusätzliche Drucksteigerungen bis zu 15 cm Wassersäule erreicht.

Der Verlauf der Druckkurve zeigt ohne Einwirkung des Lee-Effektes bei den verschiedenen Silben kleine Druckanstiege, was der Kurve einen welligen Verlauf verleiht. Diese kleinen Druckanstiege fehlen, wenn der Lee-Effekt einsetzt. Das hängt wahrscheinlich mit der Zunahme der Lautstärke und vor allem mit dem Monotonwerden der Stimme zusammen.



Druckwerte in Abhängigkeit zur Beweglichkeit der Stimmlippen

VI. VERGLEICH DER EIGENEN ERGEBNISSE MIT DER LITERATUR

Ein Vergleich mit den Untersuchungen früherer Autoren ist nur quantitativ möglich und nur bei Vokalen, da die Testworte verschieden und in anderen Sprachen waren. Ein Vergleich ist nur unter denselben Bedingungen möglich. Nur STRENGER (45), KUNZE (30) und LADEFOGED (31) bestimmen den Druck mit einer Kanüle direkt in der Trachea. Bei einem Vergleich ist unbedingt die Änderung der Lautstärke und der Tonhöhe bei den einzelnen Stimmeinsätzen zu berücksichtigen. Sie bedingt eine leichte Streuung der Druckwerte. Wenn man diese Tatsache berücksichtigt, stimmen die Ergebnisse gut überein. VAN DEN BERG (5) gibt beim Vokal a 6,5-9 cm Wasser an, je nach Tonhöhe und Lautstärke. KUNZE (30) ermittelte 5,9-7 cm Wasser. In der vorliegenden Untersuchung schwanken die Werte zwischen 6 und 8 cm Wassersäule.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Im allgemeinen Teil werden die physiologischen Verhältnisse des Kehlkopfes und die Vorgänge bei der Stimmbildung erläutert. Einer Einteilung der Tumoren und der daraus resultierenden Stimmstörungen schließt sich eine Betrachtung früherer Untersuchungen auf dem Gebiet der subglottischen Druckmessungen an.

Der Hauptteil befaßt sich mit den eigenen Untersuchungen.

Neben einer Erklärung der Untersuchungsmethoden und der verwendeten Geräte, werden die eigenen Ergebnisse aufgezählt und diskutiert.

Diese Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Der Verlauf der Druckkurve unterscheidet sich bei den pathologischen Versuchspersonen beim Spontansprechen nicht von den Gesunden. In den verschiedenen Stimmeinsätzen, wie es der harte, der weiche und der gehauchte Einsatz darstellen, ändert sich bei den Gesunden der Anstieg der Druckkurve und die Druckwerte werden kleiner. Bei den pathologischen Versuchspersonen bleiben, für die verschiedenen Einsätze, Anstieg und Druckwert gleich.
2. Die Druckwerte sind bei allen pathologischen Versuchspersonen höher als bei den Gesunden (vergl. Tab. 1 u. 2).
3. Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Beweglichkeit der Stimmlippen und dem Wert des subglottischen Druckes. Je stärker die Bewegungseinschränkung ist, um so höher steigt der Druck (s. graph. Darstellung S.29).
4. Aus der Aufzeichnung der Glottographie läßt sich der Grad der Bewegungseinschränkung der Stimmlippen ablesen.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Anthony, A. : Funktionsprüfung der Atmung
Johann Ambrosius Bart-Verlag Leipzig 1962
- 2) Berendes, J. : Die Schwingungsform der Stimmlippen beim Anblasen des
Kehlkopfes ohne Innervation.
Arch. Ohr-Nas-Kehlk. Heilkunde 173, 283-285 (1958)
- 3) Berendes, J. in Link, R. und Zöllner, F. :
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde Bd. II Teil 2
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1963
- 4) Berg van den : Sur les Theories Myo-élastique et Neurochronaxique de la
Phonation.
Rev. de Laryng. Extr. du No. 5-6 494-511 (1954)
- 5) Berg van den : Direct and Indirect Determination of the Mean Subglottic
Pressure.
Folia phoniatr. 8, 1-24 (1956)
- 6) Berg van den : Subglottic Pressure and Vibrations of the Vocal Folds.
Folia phoniatr. 9, 65-71 (1957)
- 7) Berg van den : Physiologie et Physique de la Vibration des Cordes Vocales.
Larynx et Phonation 51-69 (1957)
- 8) Berg van den : On the Air Resistance and the Bernouilli-Effekt of Human
Larynx.
J.acoust. Soc. of Amer. 29, 626-631 (1957)
- 9) Berg van den : Myoelastic-aerodynamic Theory of Voice Production
J. of Speech Res. 3, 227-244 (1958)
- 10) Berg van den : Modern Research in Experimental Phoniatics.
Folia phoniatr. 14, 81-149 (1962)
- 11) Blumenfeld und Jaffé ;
Pathologie der oberen Luft- und Speisewege
Curt Kabitzsch Verlag Leipzig 1931
- 12) Chiari, O. : Chirurgie des Kehlkopfes und der Luftröhre
Verlag von Ferdinand Enke Stuttgart 1916 378-95
- 13) Cornut, G. et Lafon, J. :
Vibrations Neuro- musculaires des Cordes Vocales et
Théories de la Phonation.
J. franc. Oto-Rhino-Laryng. 9, 317-24 (1960)
- 14) Draper, M. Ladefoged, P. and Whitteridge, D. :
Respiratory Muscles in Speech.
J. Speech. Res. 2, 16-27 (1959)
- 15) Draper, M. Ladefoged, P. and Whitteridge, D. :
Expiratory Pressures and Air Flow during Speech.
Brit. med. J. 18, 1837-1843 (1960)

- 16) Dunker, E. und Schlosshauer, B. :
Hochfrequenzkinematographische Untersuchungen des Verhaltens der Stimmlippen bei Unterbrechung der Anblaseluft.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk. Heilk. 171, 225 (1958)
- 17) Dunker, E. und Schlosshauer, B. :
Klinische und experimentelle Studien über Stimmlippen-schwingungen.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk. Heilk. 172, 363-380 (1958)
- 18) Ewald, H. :
Der normale Atmungsdruck und seine Kurve.
Pflügers Arch. f.d.ges.Physiolog. 19 (1883)
- 19) Flanagan, J. L. :
Estimates of intraglottal Pressure during Phonation.
J. Speech Res. 2, 168-172 (1959)
- 20) Früh, K.F. :
Kybernetik der Stimmgebung und des Stotterns.
Eugen Rensch Verlag, Erlench-Zürich 1965
- 21) Fry, D.L. Stead, W.W. Ebert, R.V. :
The Measurement of intraesophageal Pressure and its Relationship to intra-thoracic Pressure.
J. Lab. clin. Med. 40, 664-673 (1952)
- 22) Gutzmann, H. und Loewe, A. :
Über d. intrapulmonalen Druck und d. Luftverbrauch bei d. normalen Atmung, bei Phonetischen Vorgängen u. bei d. expiratorischen Dyspnoe.
Pflügers Arch. f.d.gesamt. Physiolog. 180, 111-137 (1920)
- 23) Gutzmann, H. :
Physiologie der Stimme und Sprache
Braunschweig 1909
- 24) Hajek, M. :
Pathologie und Therapie der Erkrankungen des Kehlkopfes, der Luftröhre und der Bronchien.
Verlag von Kurt Kabitzsch Leipzig 1932 S. 473ff.
- 25) Hasslinger, F. :
Der intratracheale Druck unter normalen und pathologischen Verhältnissen.
Zeitschr. f. HNO-Krankh. 16, 302-321 (1926)
- 26) Hermann, I. und Fönagy, I. :
Selbstregelung der Lautstärke.
Folia phoniatr. 10, 167-181 (1958)
- 27) Hoshiko, M.S. :
Sequence of Action of Breathing Muscles during Speech.
J. Speech Res. 3, 291-297 (1960)
- 28) Husson, R. :
Analyse des Forces qui s'exercent sur les Cordes vocales de l'Homme pendant leur Vibration avec ou sans Pression souglottique.
Rev. Laryng. Paris 78, 515-532 (1957)
- 29) Kahler, O. :
Die Krankheiten der Luftwege und der Mundhöhle.
Verlag Julius Springer Bd. V S. 414-431 (1929)

- 30) Kunze, H. : Evaluation of Methodes of Estimating Subglottal Air Pressure.
J. Speech Res. 7, 151-164 (1964)
- 31) Ladefoged, P. : The Regulation of subglottal Pressure.
Folia phoniatr. 12, 169-175 (1960)
- 32) Leden von H. Moore, P. and Timcke, R. :
The pathologic Larynx.
Arch. Otolaryng. 71, 16-35 (1960)
- 33) Lee, B.S. : Effects of Delayed Speech Feedback.
J. Acoust. Soc. Amer. 22, 824-826 (1950)
- 34) Luchsinger, R. Arnold, G.E. :
Lehrbuch der Stimm- und Sprachheilkunde.
Springer Verlag Wien 1959
- 35) Lullies, H. : Physiologie der Stimme und Sprache. In Ranke - Lullies
Springer Verlag Berlin 1953
- 36) Meyer - Eppler, W. und Luchsinger, R. :
Beobachtungen der verzögerten Sprachrückkoppelung.
Folia phoniatr. 7, 87-99 (1955)
- 37) Mitrinowicz-Modrzejewska, A. :
Physiologie und Pathologie der Resonanzräume.
Folia phoniatr. 12, 107-113 (1960)
- 38) Nadoleczny, M. : Die Sprach- und Stimmstörungen.
Leipzig Verlag F.C.W. Vogel 1912
- 39) Neugus, V. Neil, E. and Floyd, W.F. :
The mechanism of phonation.
Ann. Otol. Rhinl. Laryng. 66, 817-829 (1957)
- 40) Piquet, J. Decroix, G. und Libersa, C. :
Die Stimmlippenschwingungen.
Arch. f. Ohrenheilk. 169, 197-301 (1956)
- 41) Piquet, J. und Decroix, G. :
Étude expérimentale peropératoire, chez l'homme, des
vibrations des cordes vocales sans courant d'air sousglottique.
Rev. Laryng. Paris 78, 510-514 (1957)
- 42) Piquet, J. und Decroix, G. :
Étude expérimentale preopératoire du rôle de la pression
sousglottique sur la vibration des cordes vocales.
Comptes Rendues d. Acad. Sci. 242, 1223-1224 (1956)
- 43) Sokolwsky, R. : Pathologie und Physiologie des Stimmapparates des Menschen.
In Bethe-Bergmanns Handbuch Bd.15/2 S. 1380ff. Berlin 1931
- 44) Strenger, F. : Mesure de la pression d'air sous-glottique.
J. franc. d'Oto-Rhino-Laryng. 7, 101-114 (1958)

- 45) Strenger, F. : Methods for direct- and indirect measurement of the sub-glottic air-pressure in phonation,
Stud. Linguist. 98-112 (1960)
- 46) Wullstein, H. : Der Bewegungsvorgang an den Stimmlippen während der Stimmgebung
Arch. Ohr-Nas.-und Kehlk.-Heilk. 142, 119 (1936)

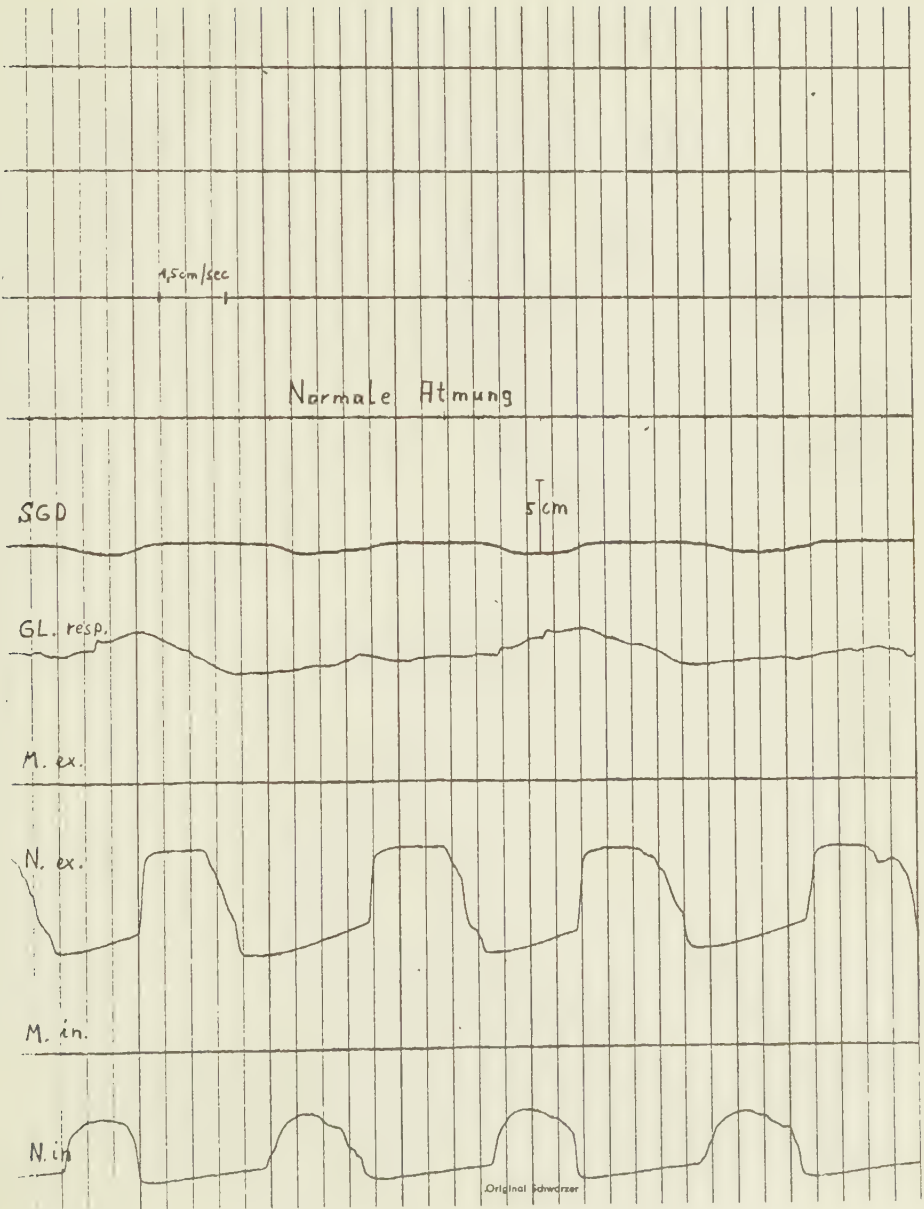
IX. KURVENAUSSCHNITTE
VON NORMALEN
VERSUCHSPERSONEN

ERLÄUTERUNGEN ZU DEN KURVENAUSSCHNITTEN

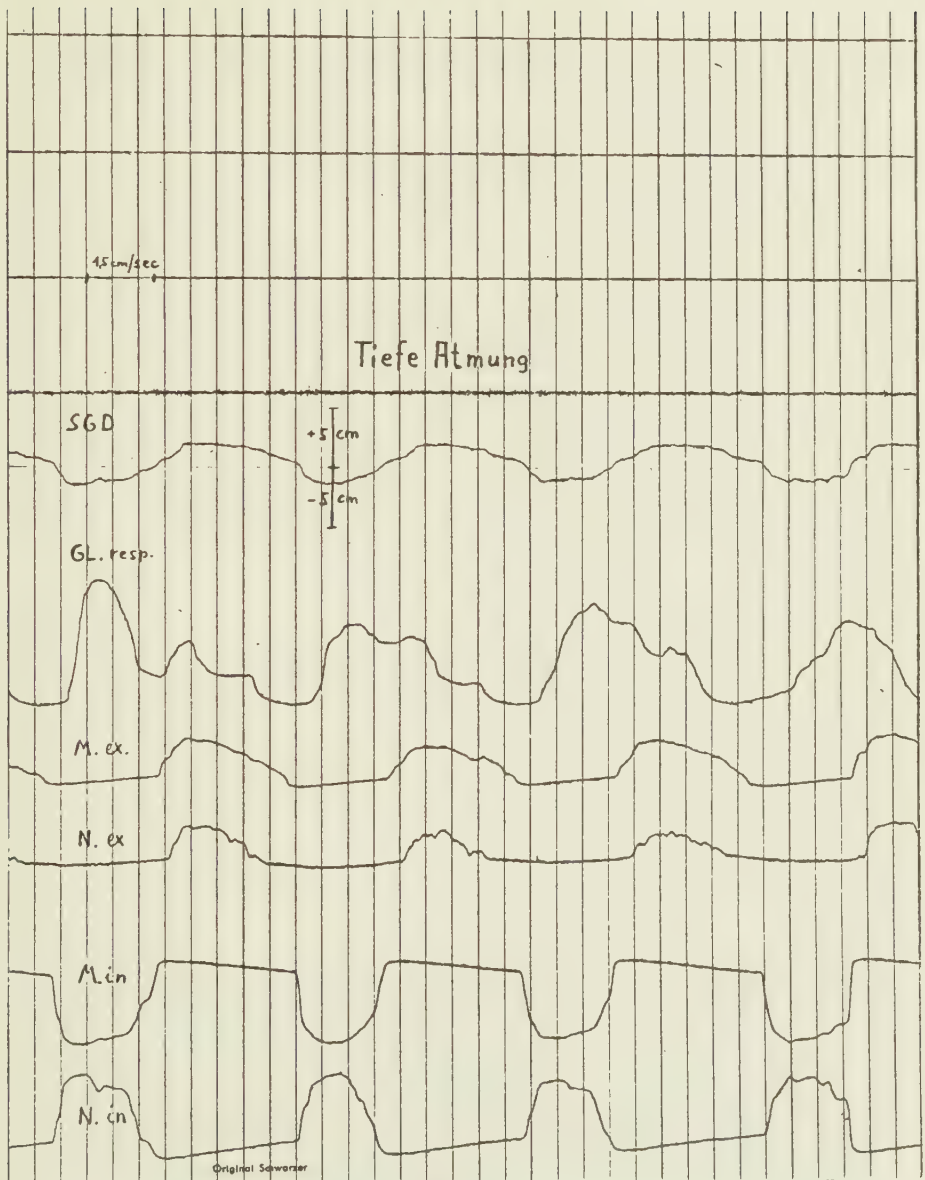
Gl.	phon.	= phonatorische Glottographie
SGD		= subglottischer Druck
Gl.	resp.	= respiratorische Glottographie
M.	ex	= Mund aus
N.	ex	= Nase aus
M.	in	= Mund ein
N.	in	= Nase ein

Alle Kurvenausschnitte enthalten bei der Druckkurve einen Eichwert in cm Wassersäule.

Kurve 1 und 2 zeigen den Unterschied zwischen normaler und tiefer Atmung. Es fällt auf, daß bei tiefer Einatmung negative Druckwerte erzielt werden. Der positive Wert liegt etwas höher (2,5 ; - 1,7 cm Wasser).

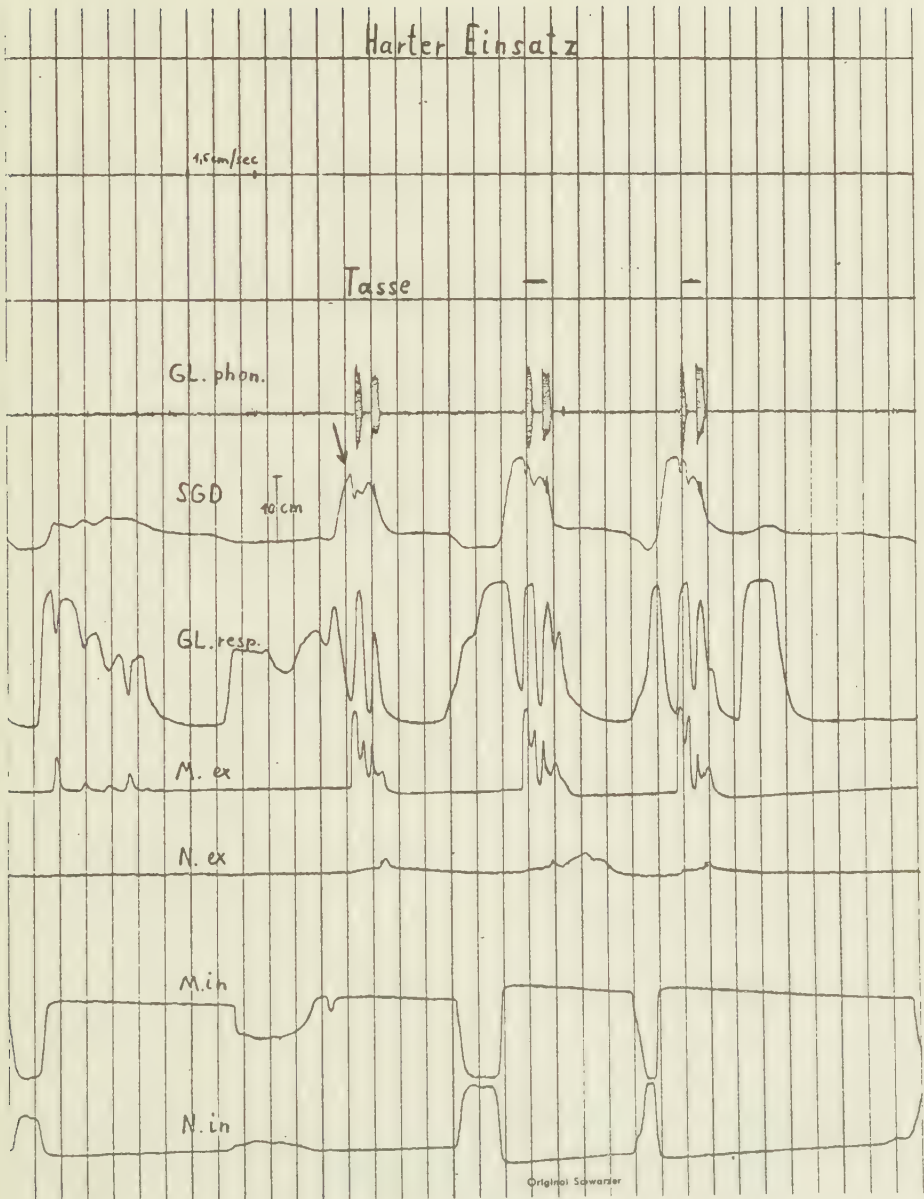


Kurve 1



Kurve 2

Kurve 3 bringt das Bild des harten Stimmeinsatzes. Sehr deutlich kommt das zeitliche Nebeneinander von Druckkurve und Glottographie zum Ausdruck. Die Druckkurve steigt vor Beginn der Phonation steil an und hat ca. $\frac{1}{4}$ sec vor dem Einsetzen der Stimmlippenschwingungen ihren höchsten Anstieg erreicht. Die resp. Glottographie zeigt in Form von spitzen Zacken die schnellen Einstellbewegungen der Glottis. Die phon. Glottographie zeichnet nur bei stimmhaften Lauten Schwingungen der Stimmlippen auf.



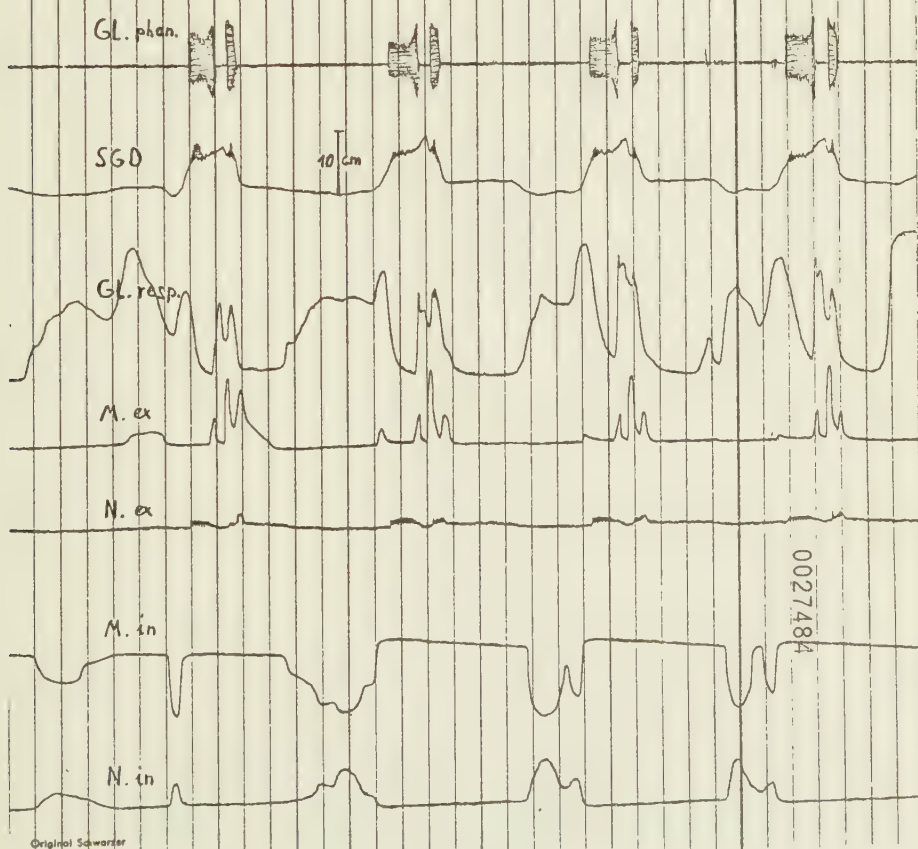
Kurve 3

Kurve 4 Der weiche Einsatz ist gekennzeichnet durch weniger steilen Anstieg der Druckkurve und geringeren Druckwert. Die Ausschläge der resp. Glottographie werden abgerundet, was den langsameren Einstellbewegungen der Glottis entspricht.

Weicher Einsatz

1.5 cm/sec

Mutter



Original Schwarzer

Kurve 4

Kurve 5 Der gehauchte Einsatz zeigt deutlich, daß der subglottische Druck im Vergleich zum harten Einsatz langsam ansteigt. Es dauert etwa eine $\frac{3}{4}$ Sekunde bis der Druck die Stimmlippen in Schwingungen versetzt. Die resp. Glottographie zeigt die Schließbewegung der Glottis während der Druck langsam ansteigt.

Gehauchter Einsatz

1.5 cm/sec

Haus

GL. phon.



SGD

10 cm

GL. resp.

M. ex

N. ex

M. in

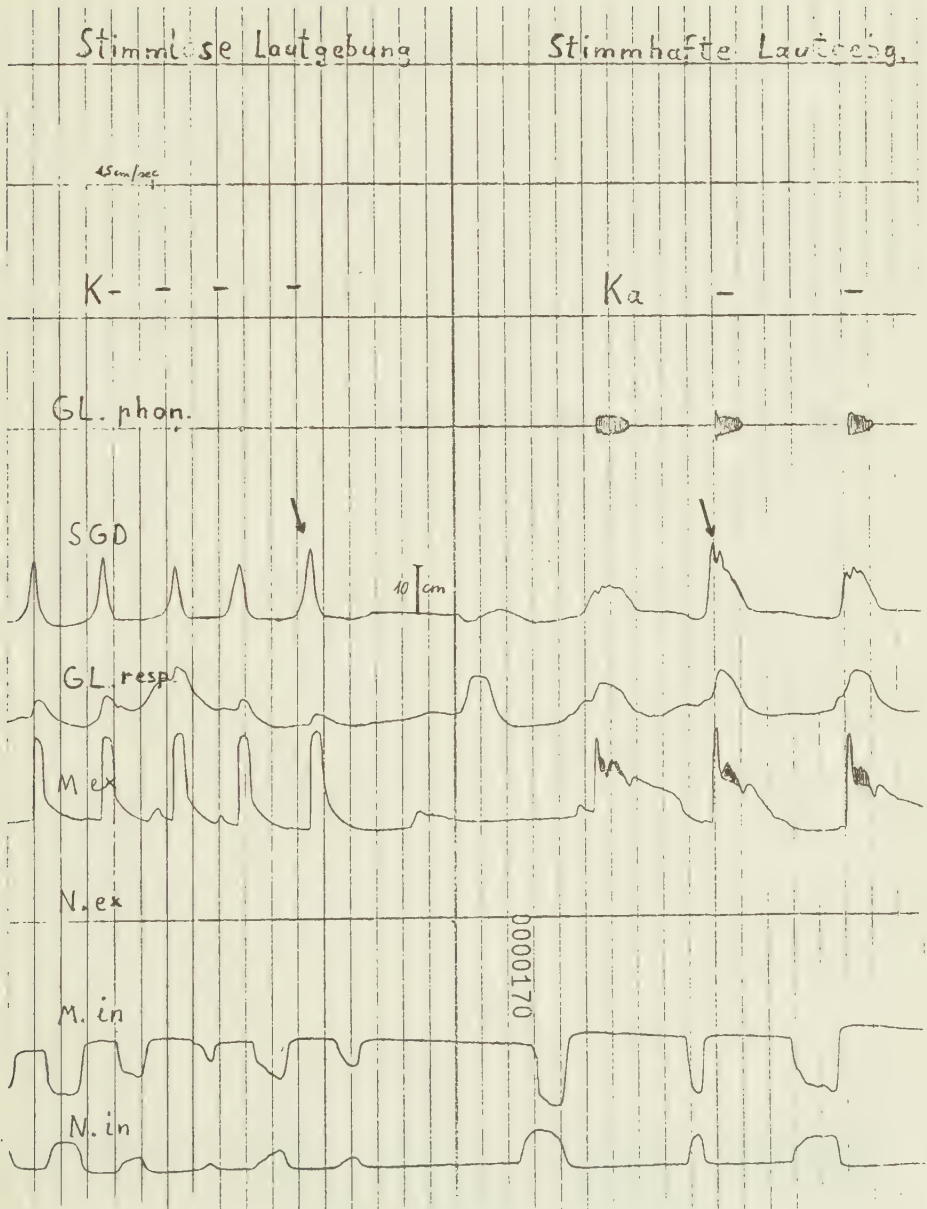
N. in

Original Schwarzzer

Kurve 5

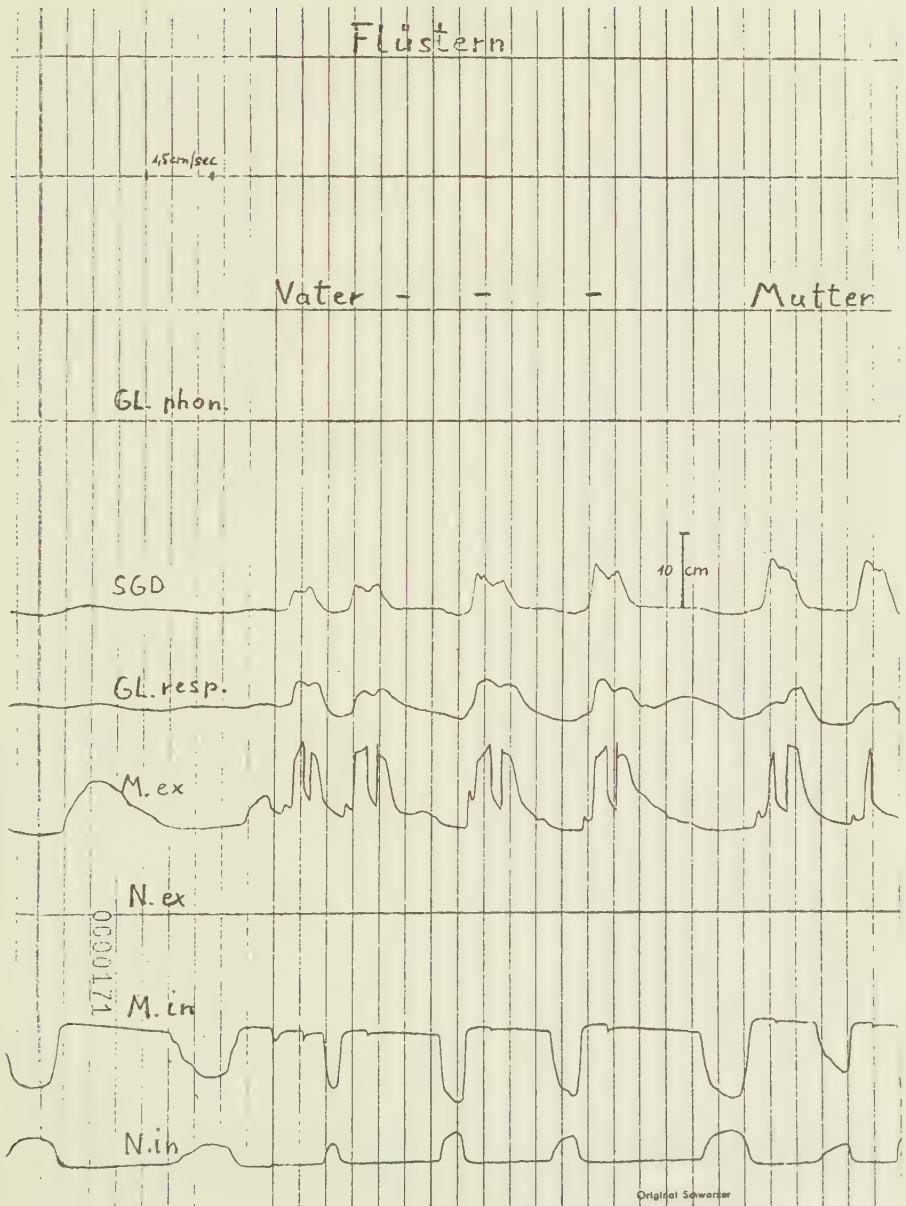
Kurve 6 bringt einen Vergleich zwischen der stimmlosen Lautgebung und der stimmhaften. Beim stimmlosen K sieht man bei der Druckkurve eine spitze Zacke, was dem Luftstau und dem plötzlichen Öffnen der Glottis entspricht. Die Stimmlippen schwingen nicht, was die phon. Glottographie beweist, denn sie zeigt keine Ausschläge.

Das stimmhafte Ka ist anfangs dieselbe Lautgebung, nur schließt sich der stimmhafte Vokal a an. Die Druckkurve steigt bei K wieder in Form einer spitzen Zacke an und fällt beim a erst langsam ab. Die phonatorische Glottographie zeigt die Schwingungen der Stimmlippen beim stimmhaften a.



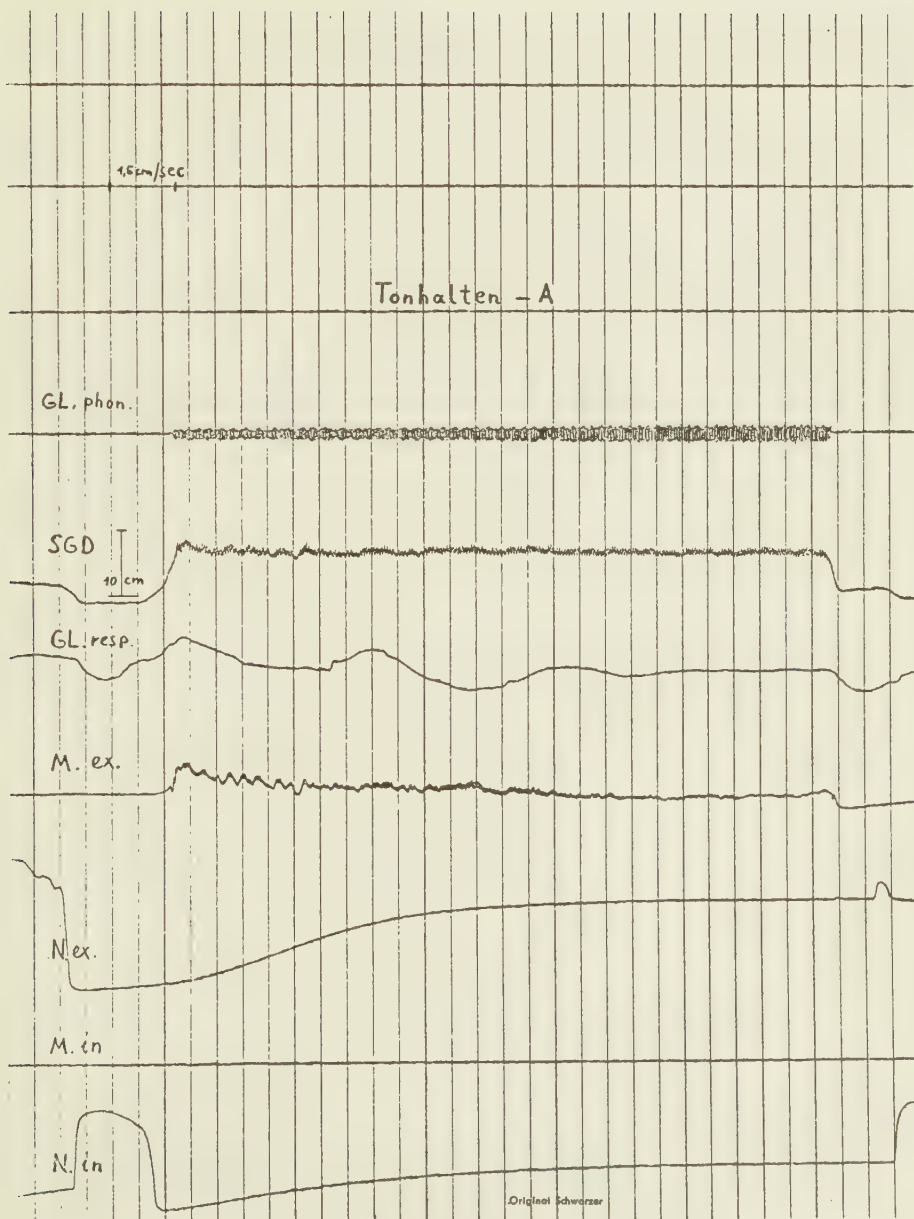
Kurve 6

Kurve 7 In der Flüsterprache sieht das Bild der Druckkurve ähnlich aus wie beim weichen Einsatz. Die Druckwerte sind aber gering. Die Stimmlippen schwingen nicht, denn die phon. Glottographie zeigt keine Ausschläge.



Kurve 7

Kurve 8 zeigt das Tonhalten für die Dauer von 10 Sekunden. Der Druck fällt während der Phonation kaum merklich ab. Deutlich sieht man bei der Druckkurve, wie die Luftsäule während der Phonation mitschwingt. Die resp. Glottographie pendelt dabei um die Nullage.



Kurve 8

Kurve 9 In der Spontansprache bleibt die Druckkurve für die Dauer der Phonation auf einer Ebene. Sie zeigt nur bei einigen lauterer Silben kleine Druckanstiege. Die resp. Glottographie macht die zahlreichen Öffnungs- und Schließungsbewegungen der Glottis deutlich.

Testsatz ohne Lee-Effekt

3cm/sec

Hier-temor-ge-kauf-te ein kleiner Li-li-potater in der Rechen-ko-fer Stro-Pe ein ein-gro-sses Pa-pa-gei

GL. phon.



SGD

10 cm

GL. resp.

M. ex

N. ex

M. in

N. in

Original Schwarzger

Kurve 9

Kurve 10 Die Einwirkung der verzögerten Sprachrückkoppelung (Lee-Effekt) bewirkt eine Lautstärkenzunahme, die einer zusätzlichen Steigerung des subglottischen Druckes um 2 cm Wasser entspricht. Die phon. Glottographie zeigt in ihren Ausschlägen das Langziehen der Vokale.

Testsatz mit Lee-Effekt

3cm/sec

Heute morgen kaufte ein kleiner Liliutane- - -

Gl. phon.



SGD

10 cm

GL. resp.

M. ex

N. ex

M. in

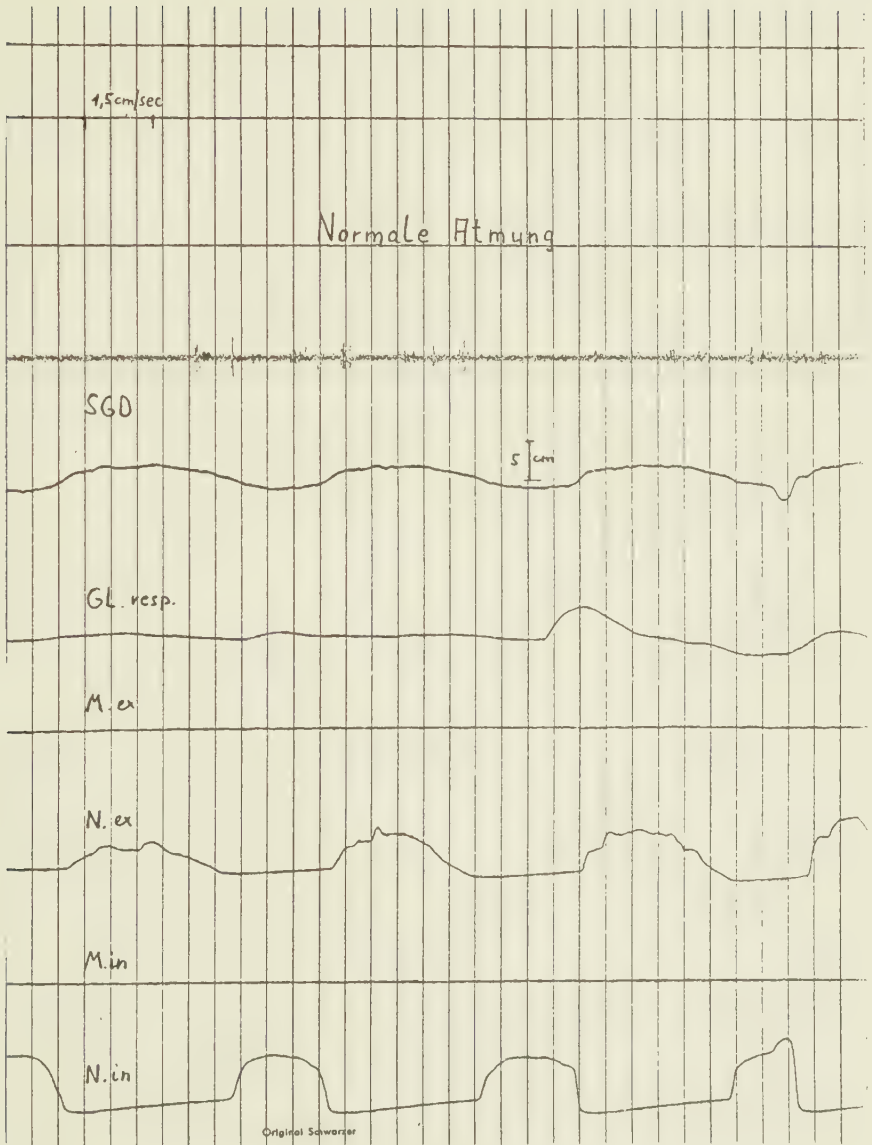
N. in

Original Schwarz

Kurve 10

KURVENAUSSCHNITTE
VON PATHOLOGISCHEN
VERSUCHSPERSONEN

Kurve 11 und 12 zeigen den Unterschied zwischen normaler und tiefer Atmung bei pathologischen Versuchspersonen. Der subglottische Druck erreicht bei tiefer Atmung Werte um - 3,5 bis + 4 cm Wasser.



Kurve 11

Tiefe Atmung

1,5 cm/sec

SGD

+5 cm
-5 cm

GL resp.

M. ex

N. ex

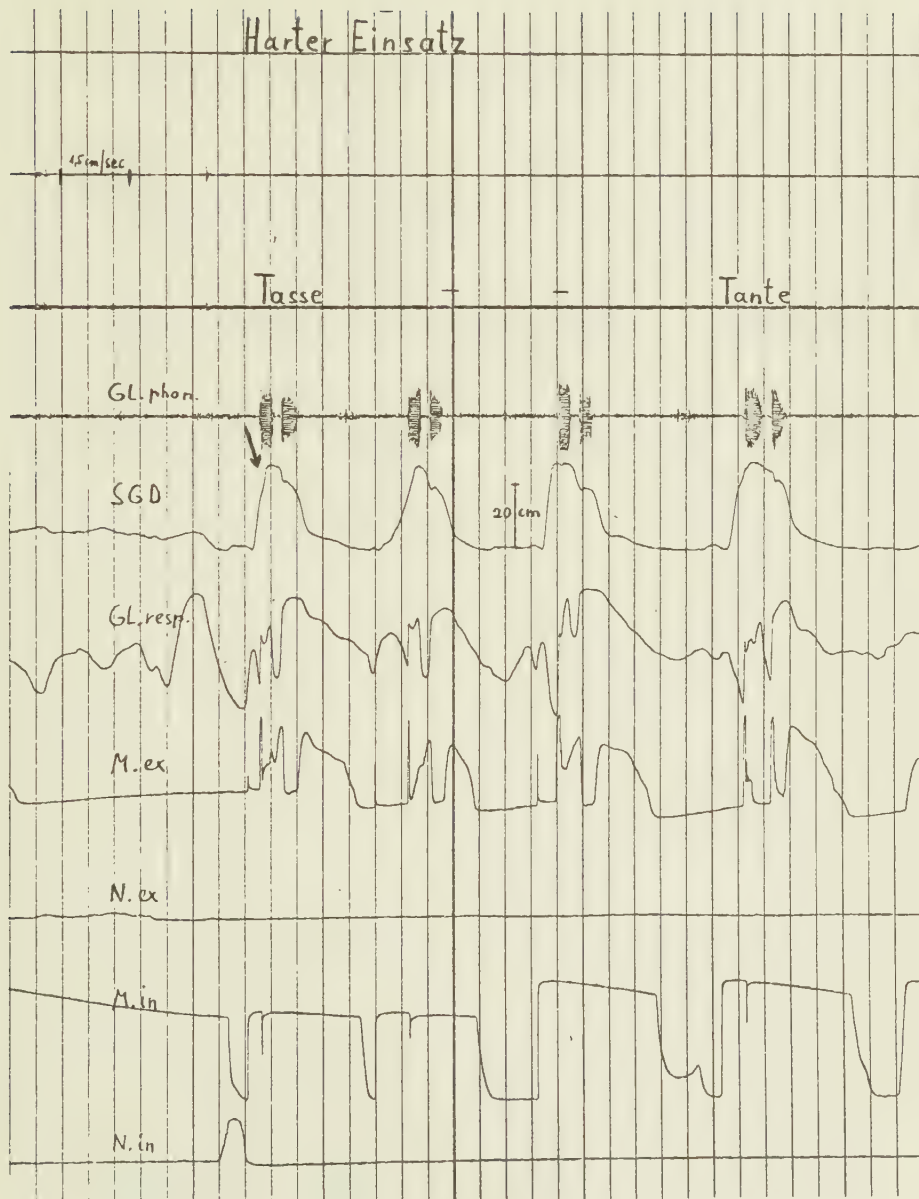
M. in

N. in

Original Schreiber

Kurve 12

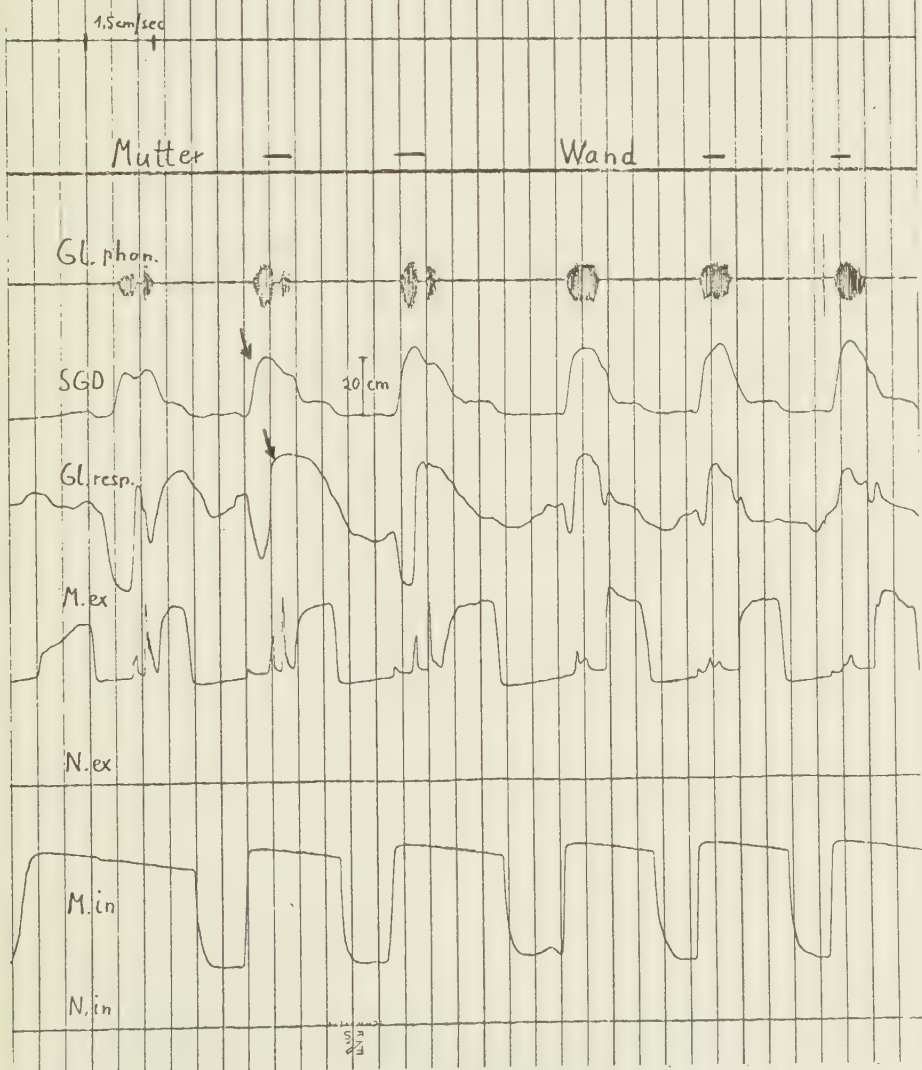
Kurve 13 zeigt den harten Einsatz. Der subglottische Druck erreicht seinen höchsten Wert, gleichzeitig setzen die Schwingungen der Stimmlippen ein. Die Druckwerte liegen um 25 cm Wasser. Die phonatorische Glottographie zeigt die aperiodischen Schwingungen bei den Vokalen.



Kurve 13

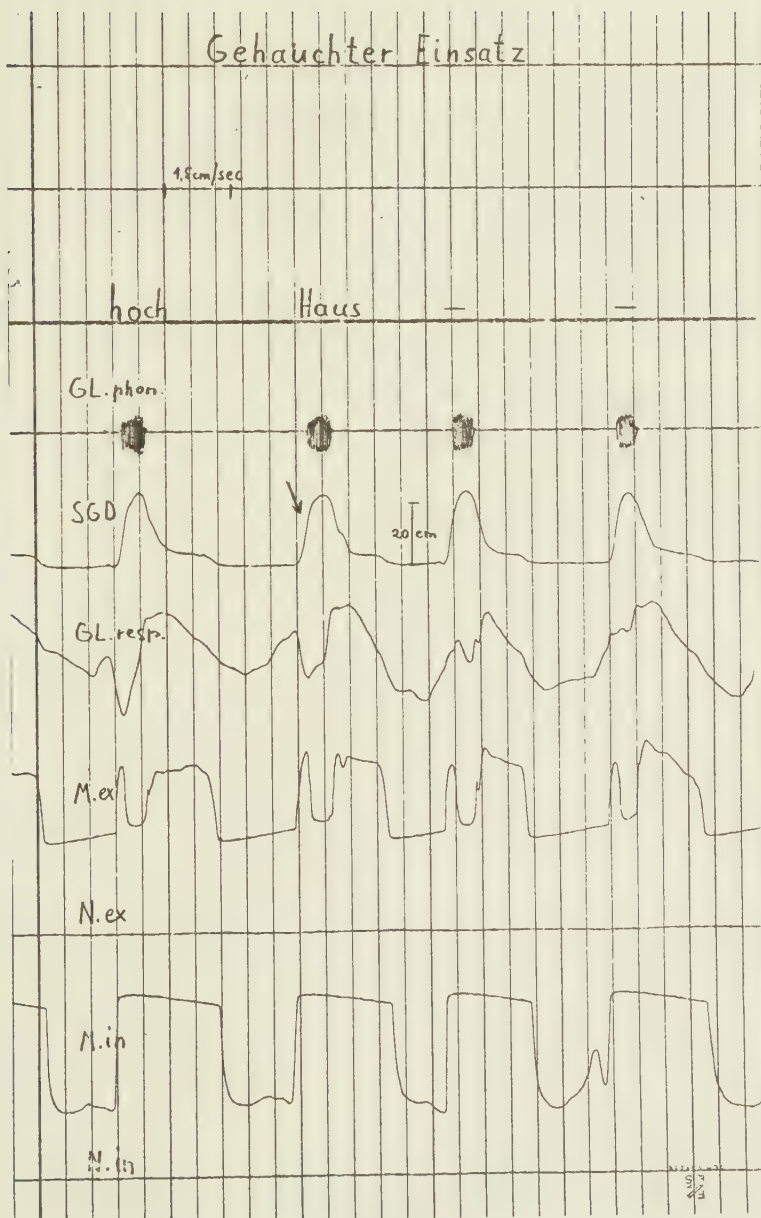
Kurve 14 Beim weichen Einsatz bleibt der Anstieg der Druckkurve steil und der Druckwert ist nur wenig geringer als beim harten Einsatz. Die resp. Glottographie zeigt, daß die feinen Einstellbewegungen der Glottis nicht mehr möglich sind.

Weicher Einsatz



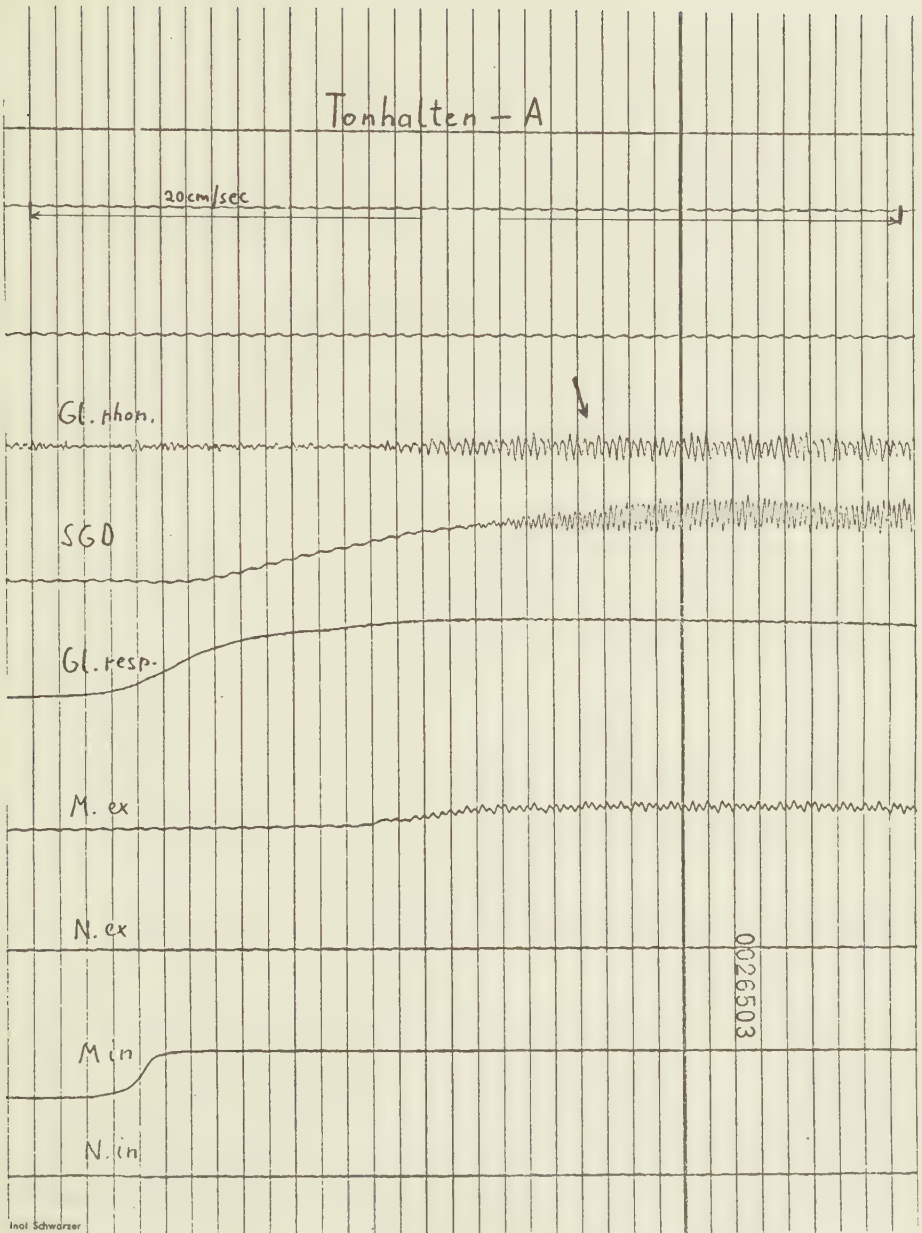
Kurve 14

Kurve 15 Der gehauchte Einsatz zeigt wie beim weichen Einsatz einen steilen Anstieg der Druckkurve. Der Druckwert ist auch gleich hoch wie beim weichen Einsatz.



Kurve 15

Kurve 16 zeigt das Tonhalten für 1 Sekunde. Die hohe Papiergeschwindigkeit von 20 cm/sec ermöglicht es, die aperiodischen Schwingungen, welche die phon. Glottographie registriert, aufzuzeichnen.



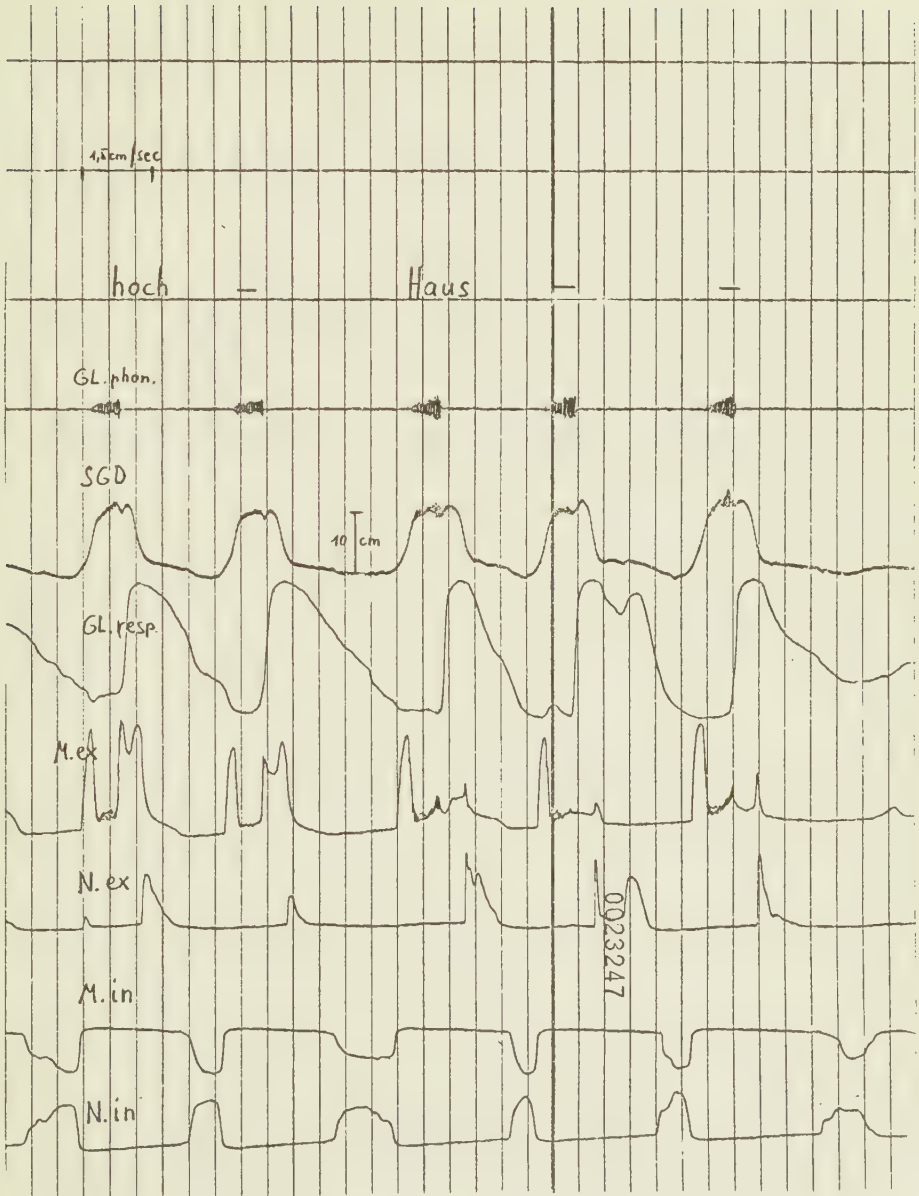
Kurve 16

Kurve 17 zeigt das Nachhinken der resp. Glottographie gegenüber der Druckkurve.
Die Glottis schließt erst zum zweiten Stimmeinsatz.



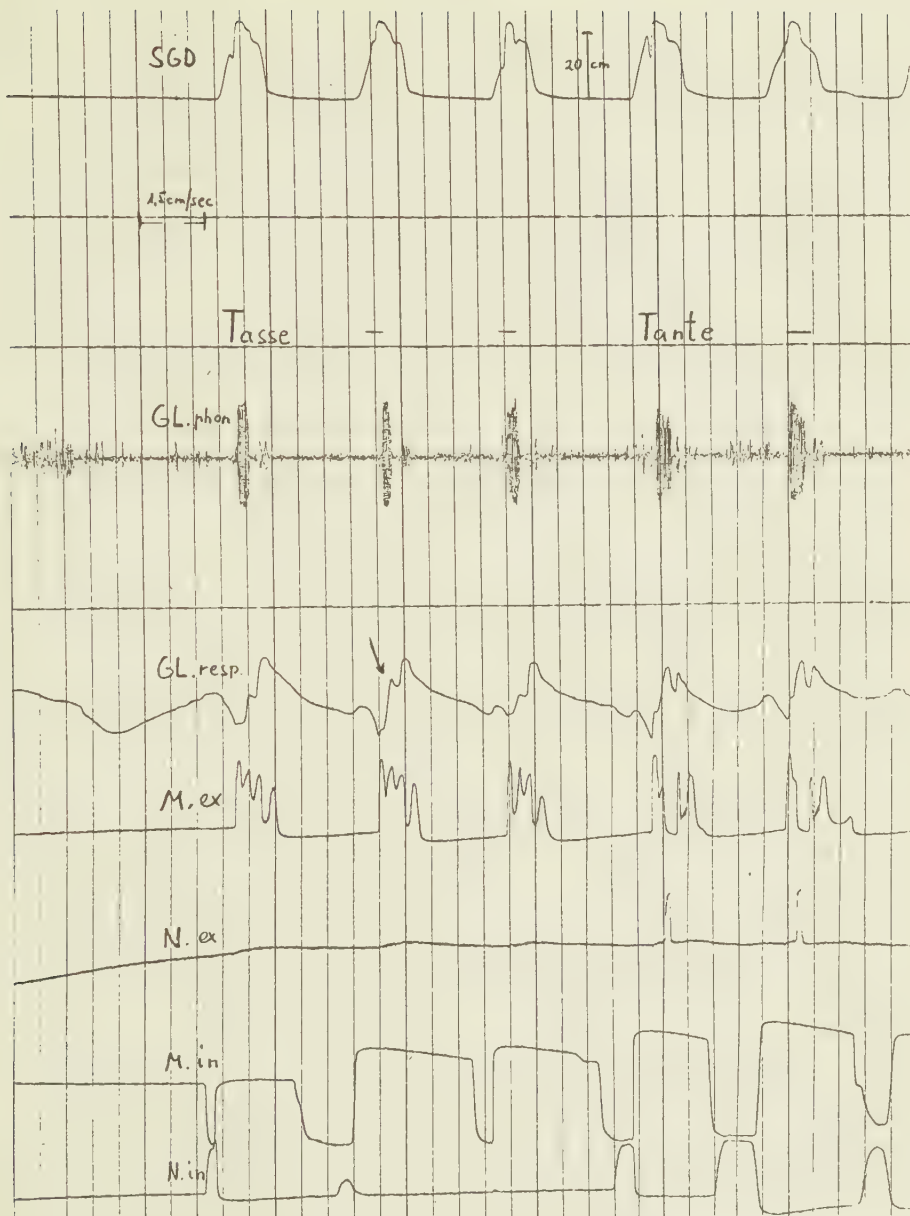
Kurve 17

Kurve 18 bringt ein weiteres Beispiel für das Nachhinken der Glottographie gegenüber der Druckkurve. Der Schluß der Stimmlippen erfolgt erst $\frac{1}{2}$ Sekunde nach Beginn der Phonation.



Kurve 18

Kurve 19 und 20 veranschaulichen die völlig anormalen Stimmlippenbewegungen in der Aufzeichnung der resp. Glottographie. Die Glottis macht eine Öffnungsbewegung gleichzeitig steigt der subglottische Druck. Auch in der phon. Glottographie werden die aperiodischen Schwingungen der Stimmlippen deutlich.



Kurve 19



Kurve 20

Kurve 21 In der Spontansprache zeigt die Druckkurve bei den einzelnen lauter gesprochenen Silben kleine Druckanstiege. Die resp. Glottographie registriert die Öffnungs- und Schließungsbewegungen der Glottis.

Testsatz ohne Lee-Effekt

3cm/sec

Heute morgen kaufte ein kleiner Liliwutcher in d. Pettenhoferstr. ein neues Papagei

GL. phon.

SGD

30 cm

GL. resp.

M. ex

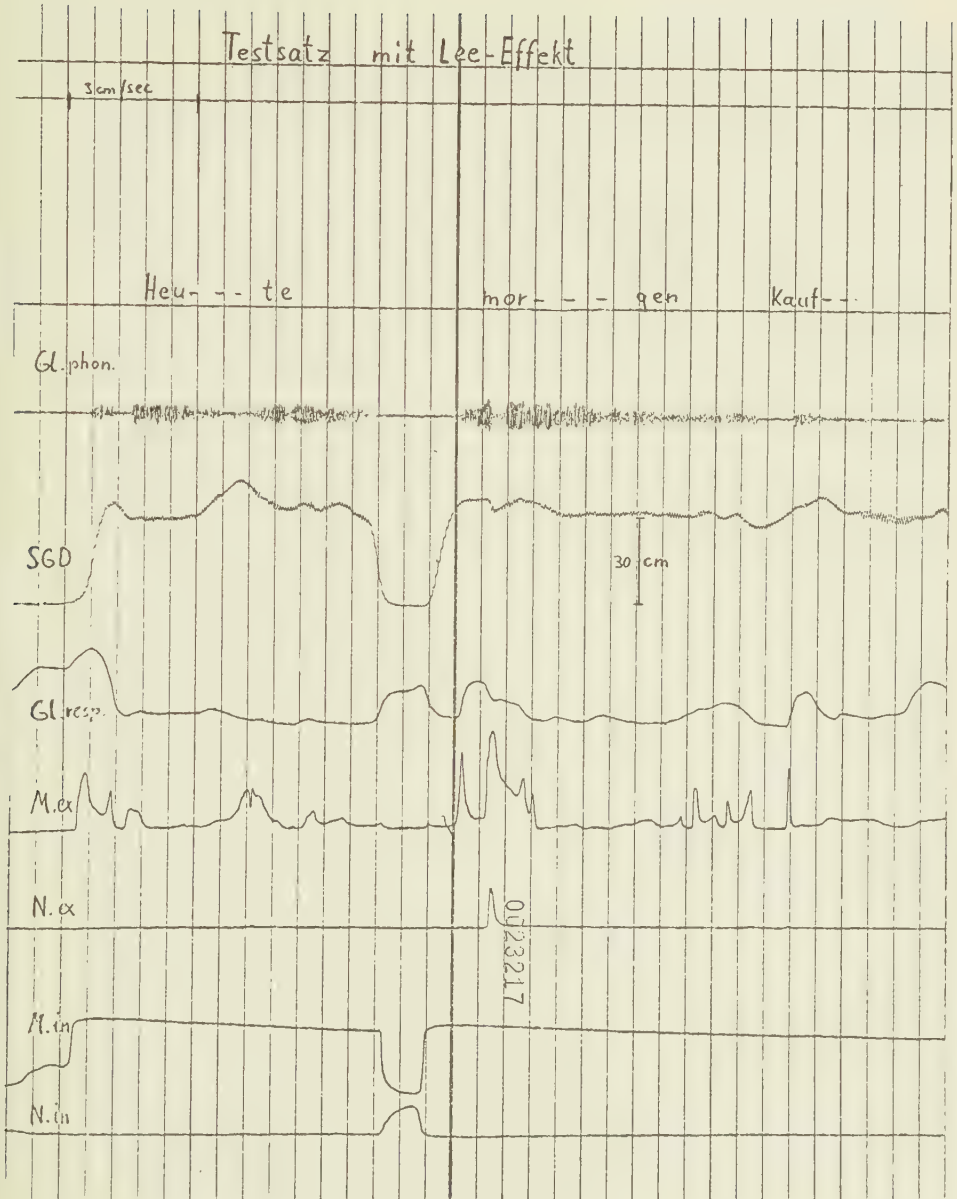
N. ex

M. in

N. in

0023215

Kurve 22 Die Einwirkung der verzögerten Sprachrückkoppelung (Lee-Effekt) bewirkt eine Zunahme der Lautstärke. Sie entspricht einer zusätzlichen Drucksteigerung von ca. 10 cm Wasser. Der Verlauf der Kurve ist horizontal, entsprechend der monotonen Stimme. Die resp. Glottographie zeigt nur wenige Öffnungs- und Schließbewegungen der Glottis.



Kurve 22

Herrn Priv. Doz. Dr. E. Loebell bin ich für die Überlassung des Themas und für die Korrektur der Arbeit zu großem Dank verpflichtet.

Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. A. Herrmann für die Übernahme des Referates sowie für die Möglichkeit, an seiner Klinik experimentell arbeiten zu können.

LEBENS LAUF

Am 1. Februar 1940 wurde ich als Sohn des selbständigen Kaufmanns Franz Nold und seiner Ehefrau Auguste, geb. Fischbach in Wangen/Allgäu geboren.

Nach 5 Klassen Volksschule in Wangen/Allgäu trat ich 1951 ins Gymnasium ein und legte 1960 die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1960 begann ich an der Universität München mit dem Studium der Zahnheilkunde. Im Oktober 1962 bestand ich das Physikum und im Juli 1965 das Staatsexamen.

Seit November 1966 arbeite ich als Assistent in einer Praxis in der Schweiz.

